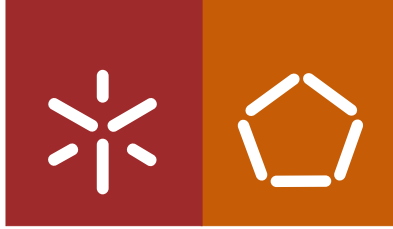


**Universidade do Minho**  
Escola de Engenharia

Ana Alexandra Cunha Dias

**Avaliação da percepção da influência do  
conforto térmico na produtividade**



**Universidade do Minho**

Escola de Engenharia

Ana Alexandra Cunha Dias

## **Avaliação da perceção da influência do conforto térmico na produtividade**

Dissertação de Mestrado  
Mestrado em Engenharia Humana

Trabalho realizado sobre a orientação do  
**Professor Doutor Nelson Bruno Martins Marques Costa**

outubro de 2013

**Nome:** Ana Alexandra Cunha Dias

**Endereço eletrónico:** xana11dias@gmail.com

**Número do Bilhete de Identidade:** 13561624

**Título da dissertação:** Avaliação da perceção da influência do conforto térmico na produtividade

**Orientador:** Professor Doutor Nélson Bruno Martins Marques Costa

**Ano de conclusão:** 2013

**Designação do Mestrado:** Mestrado em Engenharia Humana

É AUTORIZADA A REPRODUÇÃO INTEGRAL DESTA DISSERTAÇÃO APENAS PARA EFEITOS DE INVESTIGAÇÃO, MEDIANTE DECLARAÇÃO ESCRITA DO INTERESSADO, QUE A TAL SE COMPROMETE

Universidade do Minho, \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

Assinatura:

## **AGRADECIMENTOS**

Após um intenso período de trabalho no qual surgiram momentos de desânimo e contrariedade, surge agora uma enorme satisfação ao ver que cada obstáculo foi ultrapassado na concretização deste projeto. Contudo, a realização deste trabalho só foi possível devido à orientação, acompanhamento, disponibilidade, apoio, ajuda, compreensão e incentivo constante de todos aqueles que me acompanharam nesta etapa acadêmica.

Assim, torna-se indispensável agradecer a todos pelo empenho e dedicação que me demonstraram em todos estes momentos.

Ao Doutor Néelson Costa pela sua orientação, apoio, incentivo e disponibilidade incansável.

À Ângela Névoa pela disponibilidade e acompanhamento demonstrado nas visitas à empresa e no acesso aos participantes.

Aos participantes pela sua compreensão e paciência demonstrada ao longo do estudo.

À minha amiga Raquel e à minha prima Andreia pela ajuda na formatação e organização deste trabalho e por todo o apoio.

Aos meus pais e à minha irmã, por serem o meu apoio, por toda a compreensão, carinho e incentivo nos momentos mais difíceis e de desânimo.

Ao João Pedro pelo seu incentivo nos muitos momentos de desmotivação e por me fazer acreditar sempre que este projeto era possível.

À Ângela, à Cláudia e a todos os meus amigos e família no geral pela preocupação e incentivo ao longo deste período de trabalho.



## RESUMO

A luta por um ambiente de trabalho saudável e trabalhadores saudáveis é um pré-requisito para a inovação e produtividade numa economia baseada no conhecimento, ganhando cada vez mais espaço nas empresas. O desconforto térmico constitui um risco a nível industrial, no entanto, o impacto que o conforto térmico tem na produtividade continua por avaliar. A análise da percepção individual do trabalhador acerca da relação do conforto térmico com a produtividade e as implicações desta sobre o seu comportamento revela-se muito importante nos dias de hoje, uma vez que, as empresas valorizam a participação ativa dos trabalhadores para o melhoramento das condições de trabalho.

Neste sentido, o presente estudo foi concebido tendo como objetivo avaliar a percepção da influência do conforto térmico na produtividade, sendo que, para tal se recorreu a uma empresa do ramo automóvel na qual foram escolhidos dois locais distintos em termos de ambiente térmico, sensações térmicas e níveis de produtividade mas com o desenvolvimento de tarefas semelhantes a nível metabólico.

Procedeu-se à medição dos parâmetros físicos do ambiente térmico, à recolha dos níveis de produtividade, à avaliação do conforto térmico e, através de questionários, à avaliação das sensações térmicas experienciadas e da percepção dos participantes relativamente à influência do conforto e das sensações térmicas na produtividade. É de salientar o facto de todos estes procedimentos terem sido efetuados em dois turnos de trabalho a 28 participantes, no total.

Os resultados obtidos permitiram verificar que os parâmetros físicos do ambiente térmico, ou seja, temperatura do ar, humidade relativa, temperatura do globo e velocidade do ar se encontram dentro dos valores recomendados no que se refere ao conforto dos trabalhadores. Relativamente às sensações térmicas verificou-se que a maioria dos participantes se sentia confortável, pois relatavam uma sensação térmica neutra e se lhes fosse permitido não fariam alterações na sua sensação térmica.

Quanto à percepção que os participantes têm relativamente à influência do conforto térmico na produtividade, grande parte dos participantes considerou que nem o frio nem o calor aumentam a produtividade e que não há influência positiva do desconforto térmico na produtividade.

Quando a temperatura do ar, a humidade relativa e a velocidade do ar aumentam a produtividade não sofre qualquer alteração devido ao facto destes parâmetros se encontrarem dentro dos limites de conforto térmico. Por outro lado, a temperatura do globo afeta a produtividade de uma forma positiva, ou seja, o aumento da temperatura do globo, apesar de significar o aumento da sensação térmica não significa que as pessoas sintam desconforto, uma vez que, a produtividade aumenta.

Constatou-se ainda que não houve correlação significativa entre as sensações térmicas experienciadas e a percepção que os participantes têm acerca da influência do conforto térmico na produtividade verificando-se, por isso, a necessidade de novos métodos na avaliação das percepções.

**Palavras-chave:** Conforto térmico, Percepção, Produtividade



## **ABSTRACT**

The pursuit of a healthy working environment and healthy workers is a prerequisite for innovation and productivity in a knowledge-based economy. For that reason, it is gaining ever more ground in companies. Thermal discomfort is an risk at the industrial level. Nevertheless, the impact of thermal comfort on productivity is still to be evaluated and fully understood. Nowadays, the analysis of the worker's individual perception on the relationship between thermal comfort and productivity and its implications in his/her behavior is very important, as companies give value to the active participation of workers in the improvement of the working conditions.

Therefore, the aim of this study is to evaluate the perception of the influence of thermal comfort in productivity. For such purpose, an automotive company was contacted, where two different spaces were chosen, in terms of thermal environment, thermal sensations, and productivity levels, but where similar tasks, at a metabolic level, were developed.

The physical parameters of the thermal environment were measured, the productivity levels was collected, the thermal comfort evaluated and, by means of questionnaires, the experienced thermal sensations and the participants' perception regarding the comfort influence and thermal sensations in productivity was gathered. It should be noted that all these procedures were carried out in two working shifts to 28 participants in total.

The results obtained allowed to verify that the physical parameters regarding the thermal environment, i.e., air temperature, relative humidity, outdoors ambient temperature, and air velocity were within the recommended values in what concerns the workers' comfort. With respect to the thermal sensations, it was verified that the majority of the participants felt comfortable, since they reported a neutral thermal sensation and, if allowed, they would not make any changes regarding their thermal sensation.

In what concerns the perception that the participants have regarding the influence of thermal comfort in productivity, most participants considered that neither cold nor heat can increase productivity and that there is no positive influence of the thermal discomfort in productivity.

When the air temperature, the relative humidity, and the air velocity increased, the productivity remained unchanged due to the fact of these parameters being within the limits of thermal comfort. On the other hand, the outdoors ambient temperature affects productivity in a positive way, i.e., an increase in the outdoors ambient temperature, in spite of representing an increase of the thermal sensation, does not mean that people felt uncomfortable, since that the productivity increases.

It was also verified that there was no significant correlation between the experienced thermal sensations and the perception that participants have in what concerns the influence of thermal comfort in productivity. In this way, there is a need for new methods for evaluation of thermal perceptions.

**Keywords:** Thermal comfort, Perception, Productivity.





# ÍNDICE GERAL

AGRADECIMENTOS .....	iii
RESUMO .....	v
ABSTRACT .....	vii
ÍNDICE GERAL .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiii
ÍNDICE DE TABELAS .....	xv
ÍNDICE DE EQUAÇÕES .....	xvii
SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS .....	xix
INTRODUÇÃO.....	1
PARTE I – ENQUADRAMENTO TEÓRICO .....	3
CAPÍTULO 1 – AMBIENTE TÉRMICO EM CONTEXTO OCUPACIONAL .....	5
1.1 INTRODUÇÃO .....	5
1.2 AMBIENTE TÉRMICO .....	5
1.2.1 Definição .....	5
1.2.2 Parâmetros Físicos do Ambiente Térmico .....	6
1.2.3 Equilíbrio Térmico .....	7
1.2.4 Avaliação do Ambiente Térmico .....	8
1.2.4.1 NORMAS INTERNACIONAIS .....	9
1.2.4.2 LEGISLAÇÃO PORTUGUESA .....	10
1.3 CONFORTO TÉRMICO .....	10
1.3.1 Definição .....	10
1.3.2 Parâmetros do Conforto Térmico.....	11
1.3.2.1 AMBIENTAIS.....	12
1.3.2.2 INDIVIDUAIS .....	13
1.3.2.3 ACLIMATIZAÇÃO .....	15
1.3.2.4 ADAPTAÇÃO .....	15
1.3.3 Métodos de Avaliação do Conforto Térmico .....	16
CAPÍTULO 2 – IMPACTO DO AMBIENTE TÉRMICO NA PRODUTIVIDADE .....	19
2.1 INTRODUÇÃO .....	19
2.2 IMPORTÂNCIA ERGONÓMICA DA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO .....	19
2.3 PRODUTIVIDADE .....	20
2.4 O CONFORTO TÉRMICO E A PRODUTIVIDADE .....	21

2.4.1	Efeitos dos Ambientes Quentes na Produtividade .....	22
2.4.2	Efeitos dos Ambientes Moderados na Produtividade .....	23
2.4.3	Efeitos dos Ambientes Frios na Produtividade .....	23
PARTE II – DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO .....		25
CAPÍTULO 3 – PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS DO ESTUDO .....		27
3.1	PROBLEMÁTICA DO ESTUDO .....	27
3.2	OBJETIVOS .....	28
CAPÍTULO 4 – METODOLOGIA .....		29
4.1	INTRODUÇÃO .....	29
4.2	AMOSTRA E LOCAL DO ESTUDO .....	29
4.3	PLANO E ESTRUTURA DO ESTUDO .....	30
4.4	APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS .....	31
4.4.1	Questionário A .....	32
4.4.2	Questionário B .....	33
4.4.3	Questionário C .....	34
4.5	CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO .....	35
4.5.1	Métodos e Instrumentos de Medição .....	35
4.5.2	Temperatura e Humidade Relativa Exteriores .....	37
CAPÍTULO 5 – APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....		39
5.1	INTRODUÇÃO .....	39
5.2	CARACTERIZAÇÃO DO ESPAÇO .....	39
5.3	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA .....	41
5.4	CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO .....	43
5.4.1	Parâmetros Físicos .....	43
5.4.2	Parâmetros Individuais .....	44
5.4.3	Índice PPD-PMV .....	46
5.4.4	Caracterização da Sensação Térmica .....	47
5.5	CARACTERIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE .....	49
5.5.1	Produtividade Efetiva .....	49
5.5.2	Perceção da influencia do conforto térmico na produtividade .....	49
5.6	CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EXTERIORES .....	51
5.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....	52
5.7.1	Testes de Diferenças .....	53

5.7.1.1	PARÂMETROS FÍSICOS DO CONFORTO TÉRMICO: TEMPERATURA DO AR, HUMIDADE RELATIVA, TEMPERATURA DO GLOBO E VELOCIDADE DO AR .....	53
5.7.1.2	SENSAÇÕES TÉRMICAS .....	55
5.7.1.3	ÍNDICE PPD-PMV.....	56
5.7.1.4	NÍVEIS DE PRODUTIVIDADE .....	57
5.7.2	Coefficientes de Correlação.....	57
5.7.2.1	PARÂMETROS FÍSICOS E SENSações TÉRMICAS .....	57
5.7.2.2	PARÂMETROS FÍSICOS E PRODUTIVIDADE .....	58
5.7.2.3	SENSações TÉRMICAS E PERCEÇÃO.....	61
5.7.2.4	SENSações TÉRMICAS E ÍNDICE PPD-PMV .....	63
5.7.2.5	SENSações TÉRMICAS E IDADE .....	64
CAPÍTULO 6 – CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS .....		67
BIBLIOGRAFIA .....		71
ANEXOS .....		A1
ANEXO I – LOCALIZAÇÃO DOS ESPAÇOS E PONTOS DE AMOSTRAGEM .....		A3
ANEXO II – QUESTIONÁRIO A .....		A5
ANEXO III – QUESTIONÁRIO B .....		A9
ANEXO IV – QUESTIONÁRIO C .....		A11
ANEXO V – CÁLCULO DO METABOLISMO .....		A13
ANEXO VI – ISOLAMENTO DO VESTUÁRIO .....		A15
ANEXO VII – REGISTOS DOS PARÂMETROS FÍSICOS DO AMBIENTE TÉRMICO .....		A17
ANEXO VIII – REGISTOS DOS DADOS CLIMATOLÓGICOS EXTERIORES.....		A19



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Normas ISO .....	9
Figura 1.2 – Índice PPD em função do Índice PMV .....	17
Figura 4.1 – Desenho do Estudo .....	31
Figura 4.2 – Instrumentos de Medição dos Parâmetros Físicos do Ambiente Térmico .....	36
Figura 5.1 – Planta da Linha 5 e Linha 9 .....	40
Figura 5.2 – Frequência da idade dos participantes .....	41
Figura 5.3 – Dados da postura de trabalho da amostra .....	45
Figura 5.4 – Vestuário obrigatório na empresa na qual foi realizado o estudo .....	45
Figura 5.5 – Caracterização das sensações térmicas dos participantes .....	47
Figura 5.6 – Caracterização das preferências térmicas dos participantes .....	48
Figura 5.7 – Níveis de produtividade alcançados durante o estudo.....	49
Figura 5.8 – Temperaturas máximas e mínimas exteriores registadas no decorrer do estudo ...	51



## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1.1</b> – Valores de parâmetros climáticos para diferentes atividades .....	12
<b>Tabela 1.2</b> – Taxas Metabólicas .....	13
<b>Tabela 1.3</b> – Níveis de sensação térmica .....	17
<b>Tabela 4.1</b> – Níveis de Sensação Térmica utilizados no Questionário B .....	34
<b>Tabela 4.2</b> – Escala de avaliação do conforto térmico .....	34
<b>Tabela 4.3</b> – Escala de avaliação da percepção da produtividade utilizada no Questionário C .....	34
<b>Tabela 5.1</b> – Dados de peso e altura da amostra .....	42
<b>Tabela 5.2</b> – Dados da formação académica da amostra .....	42
<b>Tabela 5.3</b> – Resultados estatísticos dos parâmetros físicos do ambiente térmico .....	43
<b>Tabela 5.4</b> – Dados de superfície corporal, metabolismo e isolamento do vestuário da amostra .....	46
<b>Tabela 5.5</b> – Índice PPD-PMV nos diferentes locais e turnos .....	46
<b>Tabela 5.6</b> – Resultados obtidos por aplicação do <i>Questionário C</i> .....	50
<b>Tabela 5.7</b> – Teste de diferenças de Mann- Whitney para os parâmetros físicos do conforto térmico .....	54
<b>Tabela 5.8</b> – Teste de diferenças de Mann- Whitney para as sensações térmicas .....	56
<b>Tabela 5.9</b> – Teste de diferenças de Mann- Whitney para os índices PPD-PMV .....	56
<b>Tabela 5.10</b> – Coeficientes de Correlação de Spearman entre Ta, HR, Tg e Va e sensações térmicas .....	57
<b>Tabela 5.11</b> – Coeficientes de Correlação de Spearman entre Ta, HR, Tg e Va e a produtividade .....	60
<b>Tabela 5.12</b> – Coeficientes de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e a produtividade .....	61
<b>Tabela 5.13</b> – Coeficientes de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e as questões colocadas no <i>Questionário C</i> , de 1 a 10 .....	62
<b>Tabela 5.14</b> – Coeficientes de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e o Índice PPD/PMV .....	63
<b>Tabela 5.15</b> – Coeficiente de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e a idade dos participantes .....	64





## ÍNDICE DE EQUAÇÕES

Equação 1.1 – Cálculo do Metabolismo .....	14
Equação 1.2 – Cálculo da Insatisfação Térmica (Índice PPD-PMV) .....	17
Equação 5.1 – Cálculo da Superfície Corporal .....	45



## SIGLAS, ABREVIATURAS E ACRÓNIMOS

$a_c$	Altura do corpo
Adu	Superfície corporal
ASHRAE	<i>American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers</i>
cm	Centímetros, unidade derivada do metro, unidade de comprimento
° C	Graus Celsius, unidade de medida da temperatura
D.P	Desvio Padrão
$H_0$	Hipótese nula
$H_1$	Hipótese alternativa
HR	Humidade Relativa
lcl	Isolamento do Vestuário
ISO	<i>Internacional Organization for Standardization</i>
Kg	Quilo, unidade do Sistema Internacional do peso
m <sup>2</sup>	Metro quadrado, unidade derivada do Sistema Internacional para áreas
Máx	Máximo
$m_c$	Massa corporal
Met	Taxa de metabolismo
Min	Mínimo
m/s	Metro por segundo, unidade de velocidade do Sistema Internacional
$p$	Probabilidade de ocorrência de um determinado evento de forma casual
PMV	Predicted Mean Vote
PPD	Predicted Percentage of Dissatisfied
$r_s$	Coeficiente de correlação de <i>Spearman</i>
SPSS	<i>Statistic Package for the Social Sciences</i>

Ta	Temperatura do ar
Tg	Temperatura do Globo
U	Teste de Mann-Whitney
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro quadrado, taxa de metabolismo
W	Watt, unidade de medida do metabolismo
Va	Velocidade do ar

# INTRODUÇÃO

O ambiente térmico desempenha um papel fundamental no que respeita ao melhoramento das condições de trabalho e da qualidade de vida (Miguel, 2010).

O problema, muitas vezes colocado pelo ambiente térmico é o da homeotermia (manutenção da temperatura interna do corpo), a qual garante um funcionamento ótimo das principais funções do organismo e em particular do sistema nervoso central. Esta é assegurada quando o fluxo de calor produzido pelo corpo é igual ao fluxo de calor cedido ao ambiente (Miguel, 2010). Assim sendo, para que exista o designado conforto térmico, sendo este a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico (ASHRAE, 2004) é necessário que haja este equilíbrio de calor no organismo dos trabalhadores.

A Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, num relatório do Observatório de Riscos (2005), identifica o desconforto térmico como um risco, referindo ainda que o impacto do conforto térmico no stress e no bem-estar dos trabalhadores não tem sido adequadamente avaliado. Para além disso estabelece relações entre o ambiente térmico e a produtividade e a incidência de acidentes e doenças profissionais.

O desempenho do trabalho humano sofre influência de fatores ambientais, organizacionais e psicológicos, que interferem no seu relacionamento com o ambiente de trabalho. Estudos realizados em ambiente laboratorial e industrial comprovam a influência destes fatores, tanto na produtividade como em riscos para acidentes. A produtividade é o resultado final comportamental de manifestações psicológicas, fisiológicas e alterações neurais funcionais do ser humano (Lan, Lian & Pan, 2010). Um ambiente térmico desconfortável pode acarretar alterações funcionais que podem afetar todo corpo. Ambientes térmicos quentes podem conduzir a fadiga e a sonolência, à redução da performance física e ao aumento da probabilidade de erros. Por outro lado, ambientes térmicos frios podem induzir a agitação, o que por sua vez reduz a atenção e a concentração, especialmente em tarefas mentais (Kroemer & Grandjean, 1997).

A avaliação da sensação térmica e do grau de desconforto de indivíduos expostos a ambientes térmicos moderados deverá ser feita em critérios que se baseiam na determinação dos índices de conforto térmico (ISO 7730/2005). Por outro lado, existem também modelos que permitem prever e quantificar como será afetada a produtividade devido a este desconforto.

A análise da percepção individual do trabalhador acerca da relação do conforto térmico com a produtividade e as implicações desta sobre o seu comportamento, constitui ainda um tema pouco abordado mas muito importante nos dias de hoje, uma vez que, as empresas valorizam a participação ativa dos trabalhadores para o melhoramento das condições de trabalho.

Perante o exposto revelou-se pertinente a realização de um estudo que visasse compreender a percepção dos trabalhadores acerca da influência do conforto térmico na produtividade, através da caracterização do ambiente e conforto térmicos, da produtividade e da relação do conforto térmico com a percepção dos trabalhadores sobre a influência do mesmo na produtividade.

A presente dissertação encontra-se dividida em duas partes distintas com a finalidade de simplificar a sua organização, sendo a primeira o enquadramento teórico e a segunda o desenvolvimento do estudo.

A primeira parte encontra-se dividida em dois capítulos. O primeiro refere-se ao ambiente térmico em contexto ocupacional havendo uma abordagem geral de definições de ambiente e conforto térmico, os parâmetros que os constituem, como podem ser avaliados e ainda fenómenos de termorregulação, adaptação e aclimatização. Por sua vez, o segundo remete-nos para o impacto do ambiente térmico na produtividade.

A segunda parte desta dissertação é constituída por quatro capítulos sendo os dois primeiros correspondentes à problemática do estudo e à metodologia e os dois últimos à apresentação e discussão dos resultados e às respetivas conclusões.

## PARTE I

### Enquadramento Teórico





## **AMBIENTE TÉRMICO EM CONTEXTO OCUPACIONAL**

### **1.1 INTRODUÇÃO**

A Indústria tem a si associada uma vertente humana que, nos dias de hoje, se revela de extrema importância no que se refere às condições de trabalho. O bem-estar e a saúde dos trabalhadores devem ser assegurados pelas organizações nas quais estes estão inseridos. Assim sendo, é essencial haver uma luta constante pelo conforto e segurança dos indivíduos para que o seu desempenho possa ser pleno.

O ambiente térmico representa, no quadro do melhoramento das condições de trabalho, bem como na qualidade de vida um papel fundamental (Miguel, 2010).

É necessário assegurar que os trabalhadores não se deparem com situações de desconforto térmico, uma vez que, este se revela como um risco emergente. Em condições de extremo desconforto os trabalhadores podem revelar diversos efeitos físicos e psicológicos, tais como fadiga e diminuição da capacidade mental (Costa, Baptista, Diogo & Magalhães, 2011).

Ao longo deste capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica sobre o ambiente térmico e os seus conceitos associados tais como, equilíbrio e conforto térmico. E, ainda, uma breve revisão sobre a metodologia de avaliação do ambiente térmico.

### **1.2 AMBIENTE TÉRMICO**

#### **1.2.1 - Definição**

O ambiente térmico pode ser designado como o conjunto das variáveis térmicas que influenciam as trocas de calor entre o ser humano e o meio onde este se insere. Assim sendo, em contexto laboral, estas variáveis referem-se ao posto de trabalho, podendo influenciar o organismo do trabalhador tanto a nível da saúde e do bem-estar, como do desempenho e da produtividade.

Por outro lado, segundo a ASHRAE (2004) o ambiente térmico é designado como as características do ambiente que afetam a perda de calor de uma pessoa.

Por sua vez, Yao, Lian, Liu, & Shen (2007) afirmam que a complexa interação da temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e humidade faz o ambiente térmico humano.

### 1.2.2 Parâmetros Físicos do Ambiente Térmico

Segundo Parsons (2003) existem quatro variáveis ambientais que influenciam a resposta dos seres humanos a ambientes térmicos: a temperatura do ar, a temperatura radiante, a humidade relativa e a velocidade do ar. Quando combinados com o vestuário e o metabolismo humano, estes constituem os parâmetros básicos definidores do ambiente térmico.

Assim sendo, podem descrever-se os parâmetros da seguinte forma:

- **Temperatura do ar** – A temperatura do ar é a temperatura em torno do ocupante (ASHRAE, 2004). Esta intervém nas trocas de calor através de convecção (Miguel, 2010) e é expressa em graus Kelvin (K), graus Fahrenheit (°F) ou graus Celsius (°C). Assim sendo, e segundo Parsons (2003) é a temperatura do ar que envolve o corpo humano e que é representativa deste parâmetro do ambiente que determina o fluxo de calor entre o corpo humano e o ar. Esta variável é medida com termómetros, normalmente, os líquidos termométricos que estes contêm são o mercúrio ou o álcool, devido ao seu baixo custo, pese embora a sua fragilidade e elevado tempo de resposta (Miguel, 2010).
- **Temperatura média radiante** – Esta temperatura é definida segundo ASHRAE (2004) como a temperatura de superfície uniforme de um invólucro imaginário preto em que um ocupante trocava a mesma quantidade de calor radiante, como no espaço real não uniforme. Segundo a norma ISO 7726 (1998), a radiação de um ambiente é um dos fatores de desconforto térmico. Por este motivo, é crucial o conhecimento da temperatura radiante média, expressa em K ou °C, que depende da temperatura de globo, da temperatura ambiente e da velocidade do ar. O termómetro de globo é constituído por uma esfera de cobre, oca e pintada externamente de negro mate a fim de absorver a radiação infravermelha (normalmente usa-se uma esfera de 15 cm de diâmetro com um coeficiente de emissividade de 0.95).
- **Humidade relativa** - A humidade relativa mede a quantidade de vapor de água que existe no ar em relação ao máximo que o ar poderia conter à mesma temperatura. Assim sendo, é a relação entre a pressão parcial de vapor de água no ar húmido e a pressão

de saturação do vapor de água à mesma temperatura (Miguel, 2010). Esta pode ser medida diretamente com um higrómetro ou pode ser determinada através de um psicrómetro. Um psicrómetro é constituído por dois termómetros: o termómetro seco e o termómetro húmido. Assim, é medida a temperatura do ar (bolbo seco) e a temperatura húmida (bolbo húmido) e quanto mais afastadas estão estas temperaturas, mais seco está o ar. As tabelas psicrométricas dão os valores da humidade relativa do ar a partir dos valores do bolbo seco e do bolbo húmido

- **Velocidade do ar:** A velocidade do ar é a taxa de circulação de ar num ponto, sem ter em conta a direção (ASHRAE, 2004). Por outro lado, deve ser considerado com sendo a velocidade média do ar durante um período de exposição e deve integrar todas as direções (Parsons, 2003). Esta expressa-se em  $\text{m.s}^{-1}$  e é uma variável que apresenta dificuldades na medição e determinação devido às constantes e rápidas flutuações em intensidade e direção. O anemómetro é o instrumento utilizado para medir a velocidade do ar. Existem vários tipos de anemómetros no mercado, possibilitando medições unidirecionais ou omnidirecionais.

### 1.2.3 Equilíbrio Térmico

A temperatura do corpo humano revela-se como um importante indicador da condição em que o indivíduo se encontra podendo esta ser de conforto ou de stress térmico. Vários fatores podem influenciar a temperatura do corpo humano, não só os fluidos e sólidos que circundam o seu corpo como também as trocas de calor que nele ocorrem (Parsons, 2003).

A manutenção da temperatura interna do corpo, ou seja, a homeotermia ou o equilíbrio térmico, garante um funcionamento ótimo das funções essenciais do organismo e em específico do sistema nervoso central. Esta é assegurada quando o fluxo de calor produzido pelo corpo é igual ao fluxo de calor cedido ao ambiente (Miguel, 2010). Assim sendo, quando o corpo perde calor, a temperatura desce e quando ganha calor, a temperatura aumenta (Parsons, 2003). Em condições normais de saúde e conforto, a temperatura do corpo mantém-se aproximadamente constante (cerca de  $37^{\circ}\text{C}$ ), graças a um equilíbrio entre a produção interna de calor, devida ao metabolismo, e a perda de calor para o meio ambiente (Miguel, 2010).

O equilíbrio térmico é influenciado pela atividade física e isolamento do vestuário, bem como pelos parâmetros ambientais, ou seja, está sobre influência dos designados parâmetros base do ambiente térmico. Desta forma, sensação térmica humana está essencialmente relacionada com o equilíbrio térmico do corpo humano como um todo (Fanger, 1986). Esta regulação da

temperatura do corpo humano, termorregulação, é, muitas vezes, um problema no que toca a questões relacionadas com o ambiente térmico, uma vez que, esta depende do sexo, idade, índice de massa corporal, taxa de gordura corporal, área de superfície, mecanismo de transpiração, diferenças hormonais, entre outros (Falk, 1998). Esta regulação da temperatura interna do corpo é conseguida entre limites estreitos, através do controlo fisiológico do fluxo de sangue, desde a produção de calor (nos músculos e tecidos internos) até à superfície de arrefecimento do corpo (Miguel, 2010). São estes mecanismos em interação com mecanismos comportamentais que permitem assegurar o equilíbrio térmico humano (Parsons, 2003). No entanto, quando os mecanismos fisiológicos não conseguem controlar eficazmente estas perdas ou ganhos excessivos de calor podem ocorrer situações de stress térmico (Miguel, 2010). Na verdade o equilíbrio térmico é dinâmico, uma vez que, à medida que as condições externas se alteram, o organismo responde de forma a regular a temperatura interna do corpo (Parsons, 2003).

O equilíbrio térmico, como já havia sido referido, é conseguido de formas distintas sendo que, por este motivo os ambientes térmicos podem classificar-se em três tipos: frios, quentes ou neutros (Miguel, 2010). Os ambientes térmicos frios são os ambientes térmicos para os quais o balanço térmico, obtido na base das trocas convectivas e radiantes, é negativo. Assim sendo, o organismo acionará meios de luta como diminuição da temperatura e do fluxo sanguíneo cutâneo e aumento do metabolismo. Todos os parâmetros ambientais considerados anteriormente podem contribuir para que esta situação ocorra com exceção da humidade do ar (Miguel, 2010). Os ambientes quentes representam o inverso dos frios no que se refere ao balanço térmico, obtido na base das trocas convectivas e radiantes, sendo este positivo. Desencadeando reações como aumento da temperatura e do débito sanguíneo cutâneo e sudção (Miguel, 2010). Por fim, um ambiente térmico neutro caracteriza-se por uma produção de calor metabólico equilibrada pelos desperdícios de calor sensível, pelas perdas de calor respiratório e pela perspiração insensível, ou seja, o balanço térmico é igual a zero (Miguel, 2010).

#### **1.2.4 Avaliação do Ambiente Térmico**

O ambiente térmico tal como todos os fatores que possam por em causa a saúde e o conforto dos trabalhadores necessita de ser quantificado. Para tal, tanto a nível internacional como nacional foram criadas normas e leis direcionadas para esta avaliação.

#### 1.2.4.1 NORMAS INTERNACIONAIS

A avaliação do ambiente térmico humano, segundo Parsons (2003), deve ser realizada tendo em conta vários aspetos, entre os quais, quantificar o ambiente (parâmetros de básicos), analisar quais os seus efeitos (fisiológico e psicológico) e interpretar os valores obtidos, em termos de conforto, a saúde e o desempenho dos indivíduos expostos.

Com a finalidade de quantificar o ambiente, ou seja, medir os parâmetros básicos do mesmo é necessário medir, a temperatura do ar, a temperatura radiante, a humidade relativa e a velocidade do ar. É ainda necessário quantificar o metabolismo e o vestuário que podem ser obtidos através da ISO 7730:2005 segundo valores tabelados.

A exposição dos indivíduos a diferentes ambientes térmicos resulta, da mesma forma, em diferentes efeitos fisiológicos e psicológicos. Assim sendo, como veremos mais adiante, existem efeitos específicos em ambientes térmicos quentes e em ambientes frios, não esquecendo os moderados. Desta forma, é necessário avaliar segundo métodos distintos ambientes quentes, moderados e frios.

A ISO (International Organization for Standardization) desenvolveu várias normas com índices específicos para diferentes ambientes térmicos tal como podemos ver na Figura 1.1. (adaptado de Parsons 2003)

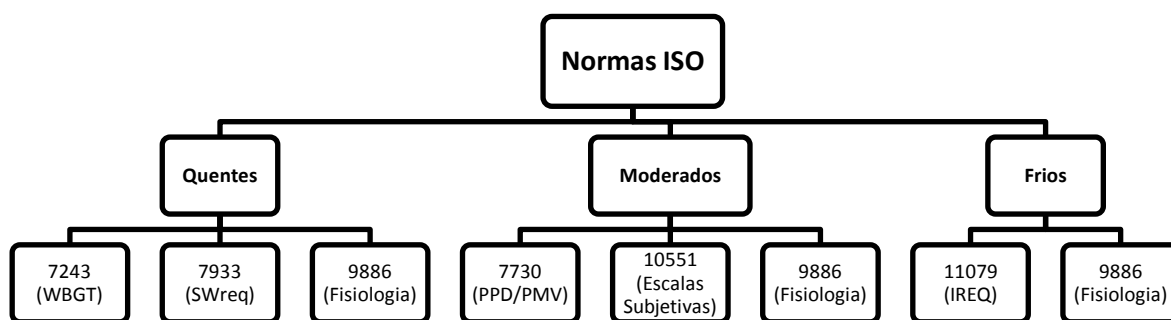


Figura 2.1 - Normas ISO (adaptado de Parsons, 2003).

Ainda dentro das normas específicas de cada tipo de ambiente existe a norma ISO 13732:2006 que nos especifica métodos para a avaliação da resposta humana ao contacto com superfícies quentes, moderadas ou frias, respetivamente, ISO 13732-1, ISO 13732-2, ISO 13732-3.

Para além destas normas específicas existem também as designadas normas de apoio sendo que, como o próprio nome indica, auxiliam a aplicação dos diversos índices. A norma ISO 7726:1998 explica as técnicas de medição dos parâmetros básicos do ambiente térmico,

especificando que estes devem ser medidos à altura da cabeça, abdómen e tornozelos. Por outro lado, a norma ISO 11399:1995 refere-se aos princípios e aplicações relevantes de normas internacionais. Por fim, as normas ISO 8996:2004 e a ISO 9920:2007 auxiliam, respetivamente, na determinação da taxa metabólica e na estimativa de isolamento térmico e resistência do vapor de água de um conjunto de roupas.

#### **1.2.4.2 LEGISLAÇÃO PORTUGUESA**

Na legislação portuguesa existe um grande défice no que se refere aos métodos e técnicas de avaliação do ambiente térmico, não existindo sequer, a nível industrial nenhum tipo de valores recomendáveis.

O Decreto-Lei nº 243/86 de 20 de Agosto que aprova o Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, de Escritório e Serviços faz referência a temperaturas do ar que devem oscilar entre os 18°C e os 22°C podendo atingir os 25°C determinadas em condições climatéricas, mas apenas nesses locais.

Por sua vez, o Decreto-Lei nº 347/93 de 1 de Outubro (transpõe a Diretiva 89/654/CEE de 30 de Novembro) faz apenas referência à temperatura e humidade nos locais de trabalho indicando que devem ser adequadas ao organismo humano, tendo em conta os métodos de trabalho e os condicionalismos físicos impostos aos trabalhadores. A exposição ao sol não deve ser excessiva e os trabalhadores devem ser protegidos da radiação intensa de calor.

A inexistência de legislação específica obriga à utilização das normas internacionais anteriormente referidas. De encontro à legislação portuguesa, mesmo que escassa, Parsons (2003) refere que cada vez mais se tem reconhecido que a temperatura do ar não é o único parâmetro responsável pelo conforto térmico.

### **1.3 CONFORTO TÉRMICO**

#### **1.3.1 Definição**

O conforto térmico é um fenómeno complexo e, portanto, é difícil de satisfazer todos os que se encontram no mesmo local, isto acontece devido às grandes diferenças entre as pessoas, tanto fisiológicas como psicológicas (Schellen, Loomans, Wit, Olesen & Lichtenbelt, 2012). Compreender aquilo que as pessoas sentem em relação ao calor e ao frio é, ainda, bastante complexo e alvo de vários estudos.

Segundo a ASHRAE (2004) o conforto térmico é a condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico. Por sua vez, este pode ainda ser designado como um ambiente neutro para o qual os parâmetros fisiológicos que determinam a sensação de calor têm um valor ótimo ou dentro dos limites de conforto, sendo estes, segundo Fanger (1973) citado por Miguel (2010), o débito de sudação e temperatura média cutânea. No entanto, Miguel (2010) acrescenta ser necessário não haver arrepios e secura nas mucosas bucofaríngeas e ter a pele relativamente seca. Ainda para o mesmo autor é fundamental haver ausência de desconforto térmico no local. Por outro lado, a sensação térmica e conforto térmico são fenómenos bipolares, isto é, variam de desconfortavelmente quente ou morno para conforto ou sensações neutras, sendo algo em torno destes dois fenómenos (Parsons, 1993).

A Agência Europeia para a Segurança e Saúde no Trabalho, num relatório do Observatório de Riscos (2005), identifica o desconforto térmico como um risco emergente, referindo ainda que o impacto do conforto térmico no stresse e no bem-estar dos trabalhadores não tem sido adequadamente avaliado, ou seja, é necessário dar mais importância a este risco. Para além disso estabelece relações entre o ambiente térmico e a produtividade e a incidência de acidentes e doenças profissionais.

Um ambiente térmico desconfortável pode acarretar alterações funcionais que podem afetar todo corpo. Ambientes térmicos quentes podem conduzir a fadiga e a sonolência, à redução da performance física e ao aumento da probabilidade de erros. Por outro lado, ambientes térmicos frios podem induzir a agitação, o que por sua vez reduz a atenção e a concentração, especialmente em tarefas mentais (Kroemer & Grandjean, 1997).

### **1.3.2 Parâmetros do Conforto Térmico**

Sendo o desconforto térmico um risco emergente nos dias de hoje torna-se de extrema importância quantificá-lo. Os parâmetros básicos caracterizadores do ambiente térmico podem dividir-se em ambientais (temperatura do ar, temperatura média radiante, humidade relativa e velocidade do ar) e individuais (taxa metabólica e vestuário). Para além destes, existem outros fatores que podem ser considerados no momento de avaliar o conforto térmico, tais como, o processo de aclimatização e adaptação ou até mesmo o sexo e a idade.



### 1.3.2.1 AMBIENTAIS

A norma ISO 7730:2005 foi criada especificamente para determinar e interpretar o conforto térmico, no entanto, é possível verificar que a mesma não recomenda valores concretos de temperatura do ar, velocidade do ar e humidade relativa para ambientes industriais.

As recomendações da temperatura do ar para que haja conforto térmico, segundo Kroemer & Grandjean (1997) devem ter em consideração o tipo de atividade que o trabalhador está a desenvolver. Assim sendo, para trabalho ligeiro de pé e trabalho muito pesado as temperaturas devem situar-se entre os 18°C e os 15°C, respetivamente.

Movimentações do ar superiores a 0,5 m/s são desagradáveis mesmo quando o ar é quente, o desconforto causado por estas movimentações depende da direção do ar e das partes do corpo expostas (Fanger, 1972 citado por Kroemer & Grandjean, 1997)

Por sua vez, a ISO 7730:2005, indica-nos que a humidade relativa do ar se deve situar entre os 30 e os 70%. No entanto, segundo Kroemer & Grandjean (1997) a humidade relativa deve situar-se entre os 40 e 50% para garantir conforto a ocupantes de espaços interiores.

A radiação ambiente é considerada ótima quando a diferença entre a temperatura ambiente e a temperatura das paredes não excede 2°C (Miguel, 2010). Segundo a ISO 7730/2005 a elevada assimetria da temperatura radiante é causa comum de desconforto local.

Em suma, Miguel (2010) apresenta-nos valores concretos de temperatura do ar, velocidade do ar e humidade relativa para diferentes tipos de atividade como nos mostra a tabela 1.1.

**Tabela 4.1** – Valores de parâmetros climáticos para diferentes atividades (adaptado de Miguel, 2010).

Tipo de Atividade	Temperatura ambiente °C			Humidade relativa %			Velocidade do ar m/s
	Min.	Ótimo	Max.	Min.	Ótimo	Max.	Max.
Administrativa	18	21	24	40	50	70	0,1
Trabalho manual ligeiro, sentado	18	20	24	40	50	70	0,1
Trabalho ligeiro de pé	17	18	22	40	50	70	0,2
Trabalho pesado	15	17	21	30	50	70	0,4
Trabalho muito pesado	14	16	20	30	50	70	0,5
Trabalho ao calor radiante	12	15	18	20	50	70	1,0 – 1,5

### 1.3.2.2 INDIVIDUAIS

Estimar a produção de calor metabólico no organismo é fundamental para a avaliação de ambientes térmicos humanos. O metabolismo pode ser definido como o conjunto de processos bioquímicos que ocorrem no organismo quando este cria tecido vivo a partir de substâncias nutritivas básicas e as transforma em energia (Rodrigues, 1978). Segundo Miguel (2010) quando o organismo está em repouso físico e intelectual produz uma quantidade mínima de calor, o metabolismo basal. Este deverá ser determinado a uma temperatura do ar de 20°C, em jejum e após alguns instantes do despertar matinal (Miguel, 2010). O metabolismo ou taxa metabólica expressa-se em W/m² mas aparece muitas vezes expressa em Met, sendo que segundo a ISO 7730/2005, 1Met corresponde a 58,15 W/m². Este pode ser determinado por calorimetria e por calorimetria indireta (Parsons, 2003). No entanto, foram desenvolvidos estudos laboratoriais segundo a ISO 7730 que tabelaram os valores de metabolismo em termos de tarefa desenvolvida, podendo estes ser facilmente utilizados. A nível industrial podem ser realizadas tarefas bastante distintas, assim sendo, podemos verificar os valores de metabolismo na tabela 1.2.

**Tabela 1.5** – Taxas Metabólicas (adaptado da ISO 7730:2005).

Atividade	Taxa Metabólica	
	W/m²	Met
Encostado	46	0,8
Sentado (relaxado)	58	1,0
Atividade sedentária (escritório, habitação, escola, laboratório)	70	1,2
Atividade de pé ligeira (compras, laboratório, indústria ligeira)	93	1,6
Atividade de pé média (vendedor, trabalho doméstico, trabalho com uma máquina)	116	2,0
Caminhando em terreno plano		
2 Km/h	110	1,9
3 Km/h	140	2,4
4 Km/h	165	2,8
5 Km/h	200	3,4

Ainda segundo a mesma norma o metabolismo pode ser determinado a partir de equação 1.1.

$$\text{Metabolismo} = (\text{Basal} + \text{Postura} + \text{Trabalho} + \text{Movimento}) \times \text{Superfície Corporal} \quad \text{Equação 1.1}$$

O vestuário constituiu um importante parâmetro na quantificação e interpretação do ambiente térmico sendo que este proporciona uma resistência térmica entre o corpo humano e o seu ambiente. O papel da roupa é manter o corpo num estado térmico aceitável, em diversos ambientes (Parsons, 1993). No entanto, o comportamento térmico de roupas numa pessoa (ativa) é complexo e dinâmico, não sendo totalmente compreendido e sendo difícil de quantificar (Parsons, 1993). O isolamento de vestuário é uma propriedade própria do vestuário e representa a resistência à transferência de calor entre a superfície da pele e da roupa. Este isolamento pode ser estimado a partir dos dados apresentados para combinações típicas de peças de vestuário (os valores são para isolamento térmico estático). Estes dados apresentados na ISO 7730:2005 foram obtidos após vários estudos de laboratório, geralmente usando manequins térmicos em condições de repouso. Como tal, ainda não está claro como o isolamento das roupas pode diferir em condições de utilização dinâmica. O isolamento do vestuário é medido em unidades de "clo" (Gagge, Burton & Bazett, 1941 citado por Charles, 2003) que, efetivamente corresponde a  $0,155 \text{ K m}^2 \text{ W}^{-1}$ . A determinação deste isolamento tanto pode ser feito pelo conjunto de peças de vestuário utilizadas pelos trabalhadores no momento das medições, inventariado através de uma check-list ou por estimativa tendo em conta a estação do ano, o clima e o tipo de vestuário que se utiliza no local alvo de estudo (Charles, 2003).

Muitos estudos têm vindo a ser desenvolvidos no âmbito de se perceber se as características individuais como o sexo e a idade têm ou não influência na temperatura corporal dos indivíduos. Citado por Parsons (1993) Fanger (1973) concluiu que a temperatura neutra de um grande grupo de pessoas que não era dependente da idade, sexo, ciclo menstrual, a raça, a obesidade, a hora do dia, ou aclimação fisiológica. No entanto, focou mais estudos no género e na aclimação fisiológica. Estudos anteriores em que o género foi comparado, geralmente, suportam o pressuposto de Fanger que os homens e as mulheres têm em grande parte temperaturas neutras semelhantes. Em contradição Charles (2003) afirma que a sensação térmica dos indivíduos do sexo feminino vai mudar mais rapidamente do que a de homens, consequentemente, as mulheres tornam-se relativamente mais insatisfeitas com o seu ambiente

térmico. No geral, os investigadores permanecem em desacordo quanto à importância prática das diferenças de sexo. Quanto à idade em média todos os homens e mulheres com mais de 40 anos preferem uma temperatura mais elevada que indivíduos com menos anos de idade (Fanger, 1972). Para o mesmo autor, tal facto pode ser explicado pelo metabolismo mais baixo das pessoas com mais idade.

### **1.3.2.3 ACLIMATIZAÇÃO**

A aclimatização é caracterizada por uma série de ajustes fisiológicos que ocorrem quando um indivíduo é sujeito a um determinado ambiente térmico. Assim sendo, os processos fisiológicos de um indivíduo podem adaptar-se, para criar uma temperatura neutra que se baseia no clima a que estão expostos. Este processo ocorre a nível fisiológico e é diferente de mudanças de comportamento ou expectativas que diferentes ambientes podem criar (Charles, 2003). Existem constatações de que a aclimatação fisiológica pode influenciar a sensibilidade dos ocupantes a mudanças de temperatura. Sugere-se que ocupantes devidamente aclimatadas são mais capazes de tolerar condições que são mais quentes ou mais frias do que neutras, em parte por causa de mudanças na taxa de suor e, portanto, são menos suscetíveis a encontrar as condições térmicas desconfortáveis. Por sua vez, para Miguel (2010) “quando o Homem está exposto ao calor de maneira repetitiva ou prolongada, desenvolve ajustamentos que lhe permitem suportá-lo melhor”. Ainda para o mesmo autor a aclimatação provoca alterações tais como o aumento da sudação, diminuição da temperatura rectal e estabilização da frequência cardíaca a um nível inferior. Um trabalhador é considerado não-aclimatado por um período máximo de quinze dias, passando após esse tempo a ser aclimatado. Este estado é prejudicado por uma interrupção prolongada de trabalho, sendo, por isso, a aclimatação reversível (Miguel, 2010).

### **1.3.2.4 ADAPTAÇÃO**

O termo “adaptação” pode ser amplamente definido como a diminuição gradual na resposta do organismo quando exposto a um estímulo ambiental repetido, de tal modo que o organismo se adapta para sobreviver a um determinado ambiente (de Dear & Brager, 1998 citado por Lin, 2008) No contexto do conforto térmico, esta adaptação pode compreender todos os processos que as pessoas possam desencadear para melhorar o ajuste entre o meio ambiente e as suas exigências (Nikolopoulou & Steemers, 2003). De tal forma, estes autores defendem que a

adaptação pode ser dividida em três categorias diferentes: física, fisiológica e psicológica. Em termos físicos, os indivíduos podem abrir janelas, rodar um termóstato, alterar o seu vestuário, a sua postura, a sua posição e mesmo o seu metabolismo através do consumo de bebidas quentes ou frias.

De forma semelhante, um número crescente de investigadores reconheceu que os ocupantes interagem com os seus ambientes e que estes adaptam os seus comportamentos e expectativas em relação ao conforto térmico (Baker & Standeven, 1996; Benton, Bauman & Fountain, 1990; Brager & de Dear, 1998; Cena, Spotila, & Avery, 1986; de Dear & Brager, 2001; 2002; Humphreys, 1994 citados por Charles, 2003). Assim sendo, a abertura de janelas, persianas ou dispositivos de ajuste de sombreamento ou até mesmo mudanças nas roupas, movimentações para uma sala diferente e modificações nos níveis de atividade podem incluir esses comportamentos (Baker & Standeven, 1996; Brager & de Dear, 1998; Humphreys, 1994; Oseland & Humphreys, 1994 citados por Charles, 2003). Tais comportamentos podem mesmo resultar numa melhor aceitação por parte dos indivíduos em relação às temperaturas mais elevadas.

### **1.3.3 Métodos de Avaliação do Conforto Térmico**

Fanger desenvolveu em 1970 um método de avaliação e análise de ambientes térmicos em que o grau de desconforto depende da carga térmica (Parsons, 1993). O modelo compreende dois índices baseado em teorias de termorregulação e equilíbrio térmico o PMV (Predicted Mean Vote) e o PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied). Segundo estas teorias o corpo humano desenvolve vários processos fisiológicos como a vasodilatação e vasoconstrição periférica, sudação e tremores musculares, de forma a manter o organismo em equilíbrio térmico, ou seja que o calor produzido pelo metabolismo seja igual ao perdido pela pele e respiração.

O PMV representa o voto médio de um grupo significativo de pessoas em termos de sensação térmica, segundo uma escala com sete níveis (Tabela 3). Sendo que o zero representa o conforto, os níveis acima deste valor referem-se a sensações quentes e abaixo a frias. Este voto médio foi obtido combinando as variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e humidade relativa) com o metabolismo e o vestuário (Miguel, 2010).

**Tabela 1.6** – Níveis de sensação térmica (adaptado de Miguel, 2010).

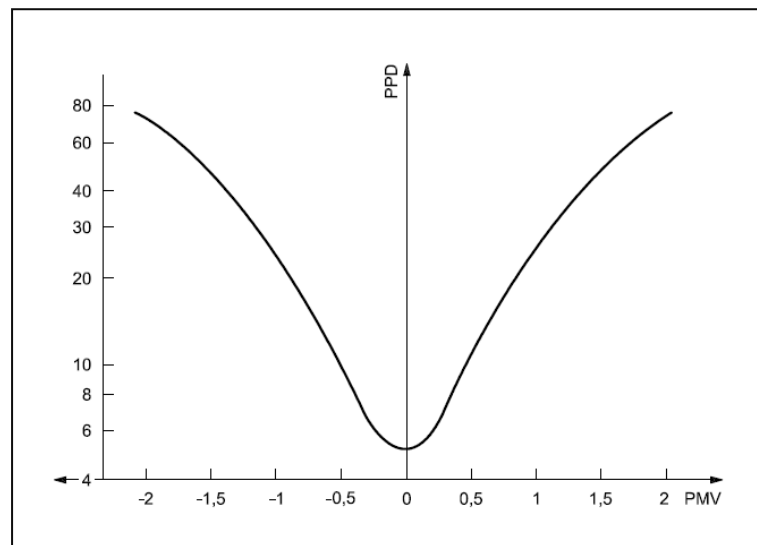
+3	Quente
+2	Tépido
+1	Ligeiramente tépido
0	Neutro
-1	Ligeiramente fresco
-2	Fresco
-3	Frio

O índice PPD apresenta-nos uma previsão quantitativa do número de pessoas insatisfeitas com determinado ambiente térmico (Miguel, 2010). A insatisfação térmica é assim determinada de duas formas distintas, matemática (Equação 1.2) ou graficamente (Figura 1.2).

$$PPD = 100 - 95 \exp. (0,03353 \cdot PMV^4 - 0,2179 \cdot PMV^2)$$

**Equação 1.2**

**Figura 1.2** – Índice PPD em função do Índice PMV (adaptado da ISO 7730:2005).



A insatisfação dos indivíduos obtida graficamente foi conseguida tendo como base estudos estatísticos abrangendo 1300 pessoas. Neste caso, e havendo uma relação entre os dois índices deste modelo, cinco por cento é a percentagem mais baixa de insatisfeitos que pode ser esperada (PMV =0) (Miguel, 2010).

Este método deu origem à ISO 7730/2005 indicando que para uma sensação de conforto térmico os valores limite de PMV estão compreendidos entre -0,5% e 0,5% para um PPD de 10%.

Do mesmo modo este modelo foi também adotado pela *American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers*.

A aplicação prática do modelo proposto por Fanger merece especial atenção, uma vez que se baseia num modelo matemático desenvolvido a partir de experiências em laboratório onde todas as variáveis foram medidas nesse contexto. Desta forma, medir essas mesmas variáveis em situações laborais concretas pode não garantir a mesma aplicação do modelo. Assim essas variáveis têm que ser subjetivamente estimadas e isso pode gerar erros consideráveis na avaliação do conforto térmico. Vários autores põem em causa a validade deste modelo no que se refere às temperaturas de conforto utilizadas. Se por um lado Oseland (1995) após estudos realizados indica que existem diferenças entre as sensações térmicas descritas pelos participantes e as previstas pelo modelo, por outro, de Dear & Brager (1998) e Auliciems (1981) afirmam mesmo que o PMV sobrestima a temperatura de conforto. Assim sendo, Parsons (2003) põe em causa a credibilidade da utilização da ISO 7730/2005 uma vez que esta pode revelar-se inadequada.

# **IMPACTO DO AMBIENTE TÉRMICO NA PRODUTIVIDADE**

## **2.1 INTRODUÇÃO**

Qualquer atividade humana é influenciada pelo ambiente laboral em que é desenvolvida. A produtividade é um dos fatores mais importantes que afetam o desempenho global de uma organização, desde pequenas a grandes empresas (Niemela, Hannula, Rautio, Reijula & Railio, 2002). Por este motivo, verifica-se um crescente interesse em entender de que forma o ambiente térmico pode influenciar a produtividade.

Ambientes térmicos frios, quentes ou moderados podem desencadear reações físicas e psicológicas em qualquer ser humano, no entanto, existe ainda muita contradição e deficiências no que nos remete para explicações concretas sobre as consequências do desconforto térmico refletidas na produtividade.

Na verdade, o constante esforço por um ambiente de trabalho saudável e trabalhadores saudáveis é um pré-requisito para a inovação e produtividade numa economia baseada no conhecimento, ganhando cada vez mais espaço nas empresas. (Hermans & Peteghem, 2006 citado por Lan, Lian & Pan, 2010). A opinião dos trabalhadores é, hoje em dia, um importante fator considerado neste esforço, uma vez que, a sua perceção poderá estar relacionada com os seus comportamentos.

Ao longo do presente capítulo será feita uma abordagem da literatura ao nível da importância ergonómica da avaliação do ambiente térmico bem como explicar o conceito de produtividade e quais as influências que os diferentes ambientes térmicos podem desencadear sobre esta.

## **2.2 IMPORTÂNCIA ERGONÓMICA DA AVALIAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO**

Segundo a APERGO (Associação Portuguesa de Ergonomia, 2007) a Ergonomia é a disciplina científica relacionada com a compreensão das interações entre os seres humanos e os outros elementos de um sistema e visa otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema. De uma forma simplificada pode ser encarada como a interação Homem- Máquina. Segundo a Associação Internacional de Ergonomia (2000) os ergonomistas contribuem para o



projeto e avaliação de tarefas, trabalhos, produtos, ambientes e sistemas, a fim de torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações das pessoas. Assim sendo, esta disciplina foca-se na melhoria das condições de trabalho, atuando, por exemplo, ao nível da iluminação, do ruído e do ambiente térmico, agentes, muitas vezes, prejudiciais à saúde física e mental. O seu objetivo é aumentar a eficiência humana através de dados que permitam que se tomem decisões lógicas.

Com o desenvolvimento de pesquisas em torno da Ergonomia surgiu a necessidade de avaliar o efeito do clima no posto de trabalho e no operador humano (Krüger, Dumke, & Michaloski, 2001). As primeiras investigações que se debruçaram no estudo desta relação surgiram no século XIX e tinham como finalidade melhorar os níveis de produtividade industrial (Markov, 2002). O facto de a ISO (International Organization for Standardization) publicar normas reguladoras relativas ao conforto térmico realçou a importância que deve ser dada a esta temática em contexto laboral de forma a proteger a saúde dos trabalhadores.

Normalmente são considerados três tipos de efeitos do ambiente físico nas pessoas: os que afetam a saúde, o conforto ou o desempenho. Muitos estudos têm vindo a ser realizados no sentido perceber de que forma o ambiente térmico poderá afetar o desempenho dos trabalhadores e, conseqüentemente, a produtividade. Apesar destes não serem claros nem tão pouco concordantes quanto às suas conclusões, torna-se de extrema importância proporcionar ambientes de conforto aos trabalhadores e continuar as pesquisas neste campo.

## **2.3 PRODUTIVIDADE**

Segundo Parsons (2003) para explicar o conceito de produtividade é necessário entender, em primeiro lugar, os termos “atividade” e “performance”. “Atividade” é o que as pessoas fazem para alcançar um objetivo, podendo envolver fatores fisiológicos ou psicológicos. O termo “Performance” quando aplicado por si só não faz sentido e deve sempre ser associado com um propósito de tarefa e afins, assim, será a realização de atividades para atingir o objetivo. Ainda segundo o mesmo autor, a “Produtividade” é geralmente associada aos objetivos da organização e traduz-se num valor que corresponde ao ponto que as atividades têm proporcionado em termos de objetivos de desempenho do sistema. Por sua vez, a produtividade numa indústria pode ser medida em termos da quantidade, e muitas vezes qualidade, de produto produzido.

A produtividade pode também ser interpretada como o resultado final comportamental das manifestações psicológicas, fisiológicas e alterações neurais funcionais do ser humano (Lan,

Lian & Pan, 2010). Segundo Bluysen (2009) a produtividade depende de muitos aspetos: bem-estar, satisfação no trabalho, competência técnica, realizações de carreira, interface casa/trabalho, relacionamento com os outros, circunstâncias pessoais, questões organizacionais, entre outras. Assim sendo, esta é um dos fatores mais importantes que afetam o desempenho global de uma organização, de pequenas empresas para nações inteiras. Na verdade, a produtividade é, ou pelo menos deve ser, universalmente definida como a relação entre as entradas e as saídas. No entanto, existem várias formas de conceptualizar produtividade na prática. Além disso, a medição da produtividade é, geralmente, bastante complicada. Bluysen (2009) sustenta que a produtividade é medida de três maneiras diferentes:

- **Objetivamente:** por medição da velocidade de funcionamento e da exatidão das saídas através da conceção de experiências muito controladas com testes bem focados;
- **Subjetivamente:** usando escalas autoestimadas e questionários para avaliar as opiniões individuais de pessoas em relação ao seu trabalho e ao meio ambiente;
- **Medidas combinadas:** usando algumas medidas fisiológicas, como ritmos cerebrais para ver se variações nos padrões das respostas do cérebro se correlacionam com as respostas avaliadas através de questionários.

## **2.4 O CONFORTO TÉRMICO E A PRODUTIVIDADE**

O estudo da relação entre o ambiente térmico e a produtividade é complexo porque depende de fatores ambientais, tais como: temperatura do ar, velocidade do ar, temperatura radiante e humidade relativa do ar e os fatores individuais, tais como atividade física e vestuário, e, consequentemente, não têm o mesmo efeito em todas as pessoas. A relevância desta questão é justificada pelo aumento significativo na complexidade de tarefas industriais que exigem um elevado nível cognitivo para além do nível físico.

Os efeitos físicos causados pelo ambiente térmico podem variar com o frio, temperaturas moderadas e condições mais severas, podendo prejudicar a saúde, a segurança e também afetar a produtividade e a atenção dos trabalhadores. O stresse térmico nos locais de trabalho vai aumentar e afetar a tensão e o desempenho dos trabalhadores e a sua produtividade (Holmér, 2010). Assim sendo, é reconhecido que o ambiente térmico afeta a eficiência do trabalho e reduz a sua produtividade (Thomas, Riley & Sanvido, 1999 citado por Yao, Lian, Liu & Shen, 2007).

As reações desencadeadas pelo stress térmico tanto atingem processos fisiológicos como psicológicos, sendo que estes podem interferir em atividades que afetam o desempenho e tarefas que podem interagir com outros fatores e afetar a produtividade global (Parson, 1993). Costa, Baptista, Diogo & Magalhães (2011) afirma que, como resultado de tal exposição são frequentes mudanças de comportamento e humor, distração, aumento da fadiga física, desânimo, perda de velocidade na execução das tarefas, reduzindo o grau de atenção e de precisão, bem como o aumento do absentismo.

Segundo Parsons (1993), não subestimando a importância do ambiente térmico, outros fatores relacionados com a cultura e estrutura organizacional e outros componentes ambientais tais como a iluminação e o ruído, também contribuir para a produtividade no seu todo. Sustentando a mesma ideia, Hole (2009) encontrou uma correlação significativa entre os indicadores de produtividade, saúde e atributos organizacionais, mostrando que as empresas que tinham mais problemas organizacionais tinham também mais problemas de desempenho.

#### **2.4.1 Efeitos dos Ambientes Quentes na Produtividade**

O trabalho realizado em ambientes térmicos quentes pode desencadear tanto efeitos fisiológicos e como psicológicos sobre os indivíduos, reduzindo a sua produtividade, aumentando a sua irritabilidade e afetando negativamente a motivação para a realização das suas tarefas (Hancher & Abd-Elkhalek, 1998 citado por Yao, Lian, Liu, & Shen, 2007). O desempenho destas tarefas físicas e mentais pode, desta forma, ser adversamente afetado pelo calor e pela desidratação. Há efeitos bem reconhecidos de calor e do estado de hidratação sobre os sistemas cardiovascular e termorregulação que podem explicar a diminuição do desempenho e aumento da sensação de esforço que ocorrem no calor (Maughan, Shirreffs & Watson 2007). Parsons (2003) afirma que o perigo ou desconforto resultante desse estado de calor ou desidratação pode conduzir a alterações de comportamento e afetar o desempenho cognitivo, por exemplo, desempenho mental, informação de processamento e memória. As consequências deste tipo de ambiente podem ir, como já vimos, de uma sensação de sede ou calor, num estado moderado fazendo com que, neste caso, o desconforto ou a falta de atenção afete a produção, até a um estado mais grave que pode levar à insolação, colapso e inconsciência ou mesmo até à morte.

Num estudo realizado por Seppänen, William & Faulkner (2005) concluiu-se que o uso de ventilação melhora a produtividade. No entanto, os mesmos autores mencionam que a relação entre a temperatura e a produtividade não é significativa, quando se trata de valores dentro da

zona de conforto, ao contrário, quando estes valores estão compreendidos entre os 24,8° C e 26° C, há um decréscimo de 15% na produtividade. Por outro lado, no caso de uma fábrica de têxteis, foi registada uma redução de 8% na produtividade para variações de temperatura entre 23,9 ° C e 32 ° C. Eston (2005) aponta valores concretos de produtividade em função da temperatura em minas de ouro na África do Sul, referentes aos trabalhadores (mineiros aclimatados, habituados a um novo clima ou ambiente), trabalhando durante três horas consecutivas. Tais dados indicam que a partir de uma determinada temperatura do ar, o rendimento do trabalhador é reduzido drasticamente, de 100% de rendimento, com uma temperatura do ar de 28,9 ° C para um rendimento de 25% com uma temperatura do ar de 37 ° C. Para manter a produtividade durante uma onda de calor, de acordo com Parsons (2003), é necessário proporcionar conforto térmico.

O'Neal (2010) demonstrou que as taxas de comportamentos de risco e acidentes em ambientes industriais aumentam tanto com a atividade como com o aumento da temperatura. O mesmo autor defende que, uma vez reconhecido este facto, deveria haver uma melhor gestão por parte das organizações e, eventualmente, tornar o ambiente de trabalho mais seguro em casos em que um erro mental pode resultar num acidente. Da mesma forma, Zhao, Zhu & Lu (2009) sustentam a ideia de que o trabalho realizado em condições quentes e húmidas, por longos períodos, não só pode causar danos à saúde humana e diminuição da produtividade, mas também causar acidentes.

#### **2.4.2 Efeitos dos Ambientes Moderados na Produtividade**

Meese, Kok, Lewis & Wyan (1984) citado por Parsons (1993) descobriu que o desempenho da destreza manual é bom em temperaturas do ar consideradas entre os 20° C e os 32° C. No entanto, no mesmo estudo verificou que esta destreza é melhor entre os 20 e os 26° C. Por sua vez, reduzindo as temperaturas de 24 ° a 18 ° C a destreza manual e a força do dedo diminuiu, ou seja, diminuiu em ambientes térmicos moderados frios, podendo afetar a produtividade.

#### **2.4.3 Efeitos dos Ambientes Frios na Produtividade**

Primordialmente Fox (1967) citado por Parsons (1993) após uma extensiva revisão concluiu que há uma relação clara entre a temperatura das mãos e a performance manual. A vasoconstrição e a redução da temperatura dos tecidos podem provocar dormência e diminuição

da destreza manual e da força (Parsons, 1993). As temperaturas das mãos críticas abaixo das quais há um declínio precipitado são de 8 ° C por sensibilidade tátil e 12-16 ° C durante a destreza manual.

Também Kima, Tochiharab, Fujitac & Hashiguchib (2007) referem que trabalhos de manipulação manual de cargas em ambientes severamente frios durante períodos prolongados conduzem a uma redução na destreza manual. Assim sendo, é importante referir que a destreza manual reduzida pode diminuir a eficiência do trabalho e da produtividade, aumentando o risco de acidentes nos ambientes de trabalho frios.

## PARTE II

### Desenvolvimento do Estudo



### PROBLEMÁTICA E OBJETIVOS DO ESTUDO

#### 3.1 PROBLEMÁTICA DO ESTUDO

Um ambiente térmico que permita a realização de tarefas de forma otimizada em condições confortáveis constitui, atualmente, um requisito fundamental para o desenvolvimento da atividade humana (Lan, Wargockib & Liana, 2010). Os efeitos físicos causados por ambientes desconfortáveis podem variar com o frio, temperaturas moderadas e condições de calor. Ambientes térmicos frios podem induzir a agitação, o que por sua vez reduz a atenção e a concentração, especialmente em tarefas mentais. Ambientes quentes podem conduzir à fadiga e à sonolência, à redução da performance física e ao aumento da probabilidade de erros. Por fim, também ambientes moderadamente frios ou quentes podem acarretar consequências a nível físico e psicológico.

O stress térmico nos locais de trabalho vai aumentar e afetar a tensão e o desempenho dos trabalhadores e a sua produtividade (Holmér, 2010). Assim sendo, é reconhecido que o ambiente térmico afeta a eficiência do trabalho e reduz a sua produtividade (Thomas, Riley & Sanvido, 1999 citado por Yao, Lian, Liu & Shen, 2007). A alegação comum é que a melhoria do ambiente de trabalho resulta num ganho de produtividade (Niemela, Hannula, Rautio, Reijula & Railio, 2002). Esta relação, no entanto, tem sido pouco explorada, atraindo a atenção dos pesquisadores ao longo de vários anos (Ngarmpornprasert & Koetsinchai, 2010).

A análise da percepção individual do trabalhador acerca da relação do conforto térmico com a produtividade e as implicações desta sobre o seu comportamento, constitui ainda um tema pouco abordado mas muito importante nos dias de hoje, uma vez que, as empresas valorizam a participação ativa dos trabalhadores para o melhoramento das condições de trabalho.

Focando o atrás exposto revela-se pertinente avaliar a percepção da influência do conforto térmico na produtividade. Assim sendo, irá avaliar-se a percepção dos trabalhadores numa indústria do ramo automóvel em relação à influência que dois ambientes térmicos distintos podem ter na produtividade, em tarefas semelhantes.



### 3.2 OBJETIVOS

Com a intuito de cumprir o objetivo fulcral deste estudo que é avaliar a percepção da influência do conforto térmico na produtividade definiram-se outras finalidades importantes para o alcançar, tais como:

- Caracterizar a amostra em investigação;
- Caracterizar e quantificar os parâmetros físicos do ambiente térmico;
- Caraterizar e quantificar os parâmetros individuais do ambiente térmico;
- Caracterizar e quantificar o conforto térmico, através da opinião dos trabalhadores;
- Caracterizar a percepção dos trabalhadores quanto à influência do conforto térmico na produtividade;
- Caracterizar e quantificar a produtividade efetiva;
- Relacionar o conforto térmico com a produtividade efetiva;
- Relacionar o conforto térmico com a percepção dos trabalhadores sobre a influência do mesmo na produtividade.

### **METODOLOGIA**

#### **4.1 INTRODUÇÃO**

A metodologia revela-se como um conjunto de técnicas, abordagens e processos que visam a recolha e tratamento de dados com o intuito de alcançar os objetivos previamente estabelecidos.

Após a formulação da questão científica a investigar verificou-se a necessidade da escolha de uma metodologia apropriada que visasse o cumprimento das finalidades deste estudo. Assim sendo, o tema será abordado segundo métodos quantitativos e de forma dedutiva.

A utilização de métodos quantitativos está, essencialmente, relacionada com a investigação experimental, havendo formulação de hipóteses, controlo de variáveis, seleção aleatória dos sujeitos de investigação (amostragem) e verificação ou rejeição das hipóteses. Esta verificação ou rejeição é conseguida através do tratamento estatístico dos dados que foram rigorosamente recolhidos. A generalização dos resultados conseguidos a uma determinada população em estudo a partir de uma amostra revela-se como o principal objetivo deste tipo de método (Carmo & Ferreira, 1998).

Ao longo desta etapa pretende-se explicitar quais os métodos utilizados nesta investigação visando cumprir os objetivos pré-estabelecidos. Desta forma, serão descritos os procedimentos de caracterização da amostra e do local, o desenho do estudo, os aparelhos de medição para a caracterização do ambiente térmico, a avaliação da produtividade e o tratamento estatístico dos dados obtidos.

#### **4.2 AMOSTRA E LOCAL DE ESTUDO**

O estudo foi desenvolvido numa empresa sediada em Portugal desde os anos 90, localizada em Braga. Esta dedica-se ao fabrico e montagem de componentes automóveis e emprega cerca de 2000 trabalhadores em diferentes cargos, distribuídos por três turnos fixos, manhã, tarde e noite e, ainda, por turnos rotativos. No turno da manhã a laboração ocorre das 6 horas até às 14 horas e 30 minutos, por sua vez, no da tarde das 14 horas e 30 minutos até às 23 horas e, finalmente, no da noite das 23 horas até às 7 horas e 30 minutos.

Neste sector de atividade existe uma grande variedade de tarefas desenvolvidas por parte dos operadores, sendo que, foi necessário haver uma pré-seleção de duas tarefas semelhantes realizadas em ambientes térmicos com características distintas. Apesar do ambiente térmico nesta empresa ser controlado, existem instrumentos e máquinas na zona de laboração que podem afetar os seus parâmetros físicos, assim sendo, existem locais mais frios ou mais quentes.

Os níveis de produtividade de cada secção são definidos através de metas diárias, sendo, por isso, facilmente obtida a produtividade efetiva e sendo também facilmente expectável a percepção dos trabalhadores em relação à sua produção incluindo quais as influências que o ambiente térmico pode ter nesta.

#### **4.3 PLANO E ESTRUTURA DO ESTUDO**

Numa fase primordial foi realizada uma reunião com a administração da empresa com a finalidade de explicar quais os objetivos desta investigação e demonstrar a pertinência que esta poderia ter no melhoramento das condições de trabalho. Assim sendo, foram definidas as datas para a recolha de dados. No primeiro dia de observações foi feita uma visita guiada pelas secções analisando as várias tarefas desenvolvidas com a finalidade de se escolherem os trabalhadores participantes no estudo, havendo por parte da empresa a sugestão dos participantes (amostra de conveniência) e dos locais alvo de estudo, uma vez que recebem várias vezes queixas por parte dos trabalhadores.

Desta forma, o estudo foi realizado nos meses de Maio e Junho, sendo que a recolha de dados decorreu durante dias aleatórios de cada mês, perfazendo um total de 7 observações em cada turno de trabalho, nomeadamente o da manhã e o da tarde. Este período permite-nos deparar, relativamente à temperatura externa, com dias mais amenos e mais quentes com a finalidade de haver maior variabilidade nos resultados obtidos. Os trabalhadores participantes foram esclarecidos, no primeiro dia da recolha, acerca dos objetivos deste estudo, da forma como seria necessária a sua colaboração e qual a sua duração.

A metodologia utilizada no decorrer deste estudo teve como base e elaboração de três questionários e a medição dos parâmetros físicos do ambiente térmico em dois locais diferentes, como já havia sido supracitado.

Numa fase inicial e apenas no primeiro dia da recolha de dados foram distribuídos os questionários referentes à caracterização da amostra, o *Questionário A* e à percepção da

produtividade, o *Questionário C*. De seguida foi entregue o questionário que avalia o conforto térmico, sendo este o *Questionário B*. Este último foi respondido em todos os 7 dias das medições, nos dois turnos de trabalho. É ainda de salientar o facto de as perguntas colocadas nos diversos questionários terem sido feitas oralmente e diretamente preenchidas no papel de forma a evitar erros ou respostas pouco claras por parte dos trabalhadores. Estes participantes foram ainda informados sobre a confidencialidade das suas respostas.

Como já havia sido descrito no Capítulo 1 para haver caracterização do ambiente térmico é necessário medir os seus parâmetros físicos tais como temperatura do ar, temperatura do globo, velocidade do ar e humidade relativa. Desta forma, todos estes parâmetros foram medidos no meio dos turnos de trabalho junto dos participantes das duas secções.

Ao longo dos dias em que foram realizados os procedimentos anteriores houve também um registo das condições exteriores nomeadamente a temperatura e humidade relativa do ar.

O plano e a estrutura desta investigação, ou seja, o desenho do estudo encontra-se representado na Figura 4.1.

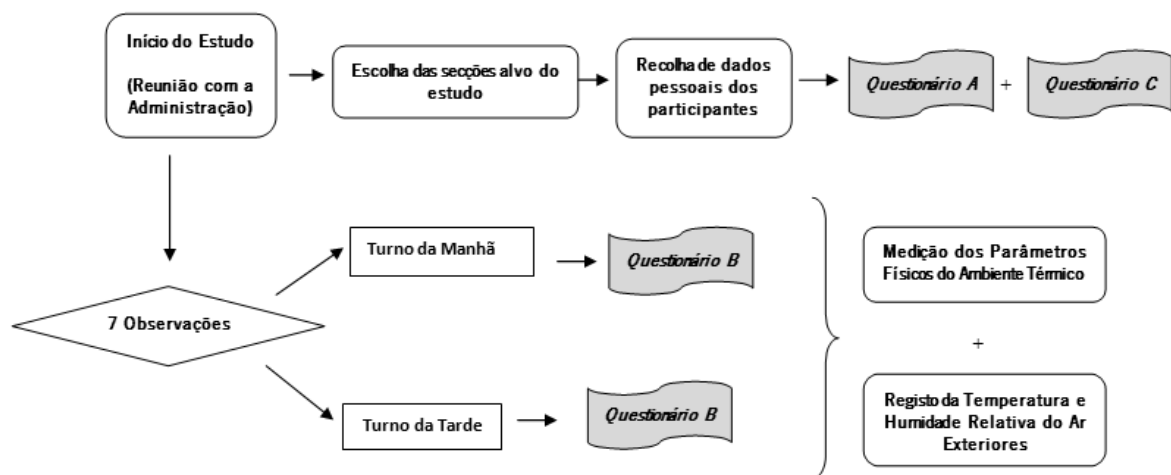


Figura 4.1 – Desenho do Estudo.

#### 4.4 APLICAÇÃO DOS QUESTIONÁRIOS

O questionário constitui atualmente uma das mais importantes técnicas disponíveis para a obtenção de dados em pesquisas de carácter social. Parasuraman (1991) afirma que construir questionários não é uma tarefa fácil e que aplicar o tempo e o esforço adequados para a construção do questionário é uma necessidade e um fator de diferenciação favorável.

Os questionários (*Questionário A*, *Questionário B* e *Questionário C*) desenvolvidos ao longo deste trabalho basearam-se em publicações já existentes, visando todos cumprir o objetivo principal desta investigação, avaliar a percepção da influência do conforto térmico na produtividade.

Antes de se proceder ao preenchimento dos questionários, foi realizado um pré-teste com cerca de 10 trabalhadores, com o objetivo de se detetar a necessidade de alterações ou correções. Assim sendo, foi redigida uma versão primordial com as questões formuladas e ordenadas de maneira provisória. Segundo Zikmund (2006), este procedimento é importante, pois evita que o investigador se depare com erros de resposta ou interpretação equivocada das perguntas por parte dos participantes. Após a realização deste pré-teste verificou-se a necessidade de alteração de algumas questões tornando-as mais facilmente interpretáveis e simples.

Após este procedimento primordial, e apenas no primeiro dia de recolha de dados, foram, aplicados os questionários A e C. O *Questionário A* visava caracterizar a amostra com a informação pessoal dos participantes e com informações sobre o local de trabalho. Por sua vez, o *Questionário C* tinha como objetivo caracterizar a percepção dos participantes relativamente à sua produtividade enquanto relacionada com o conforto térmico.

Finalmente foi distribuído o *Questionários B* que tinha como objetivo, caracterizar a sensação térmica ao longo dos dias de observações.

#### **4.4.1 Questionário A**

Tal como já havia sido referido o *Questionário A* divide-se em duas partes sendo que a primeira é reservada para a informação pessoal dos participantes e a segunda para a caracterização do local de trabalho.

Na primeira parte designada *INFORMAÇÃO PESSOAL* colocaram-se questões de identificação tal como o nome com o intuito de saber a quem pertenciam os respetivos dados. A idade e o sexo, tal como já tinha sido explicado no Capítulo 1 podem revelar-se como importantes parâmetros do conforto térmico, daí ter sido solicitada esta informação aos participantes. Por sua vez, o peso e a altura são imprescindíveis no cálculo do metabolismo, necessário para a concretização da avaliação do conforto térmico. Por fim, pediu-se aos respondentes que indicassem a sua formação académica e a sua profissão, com a finalidade de

conseguir relacionar estes dados com a percepção que estes têm sobre a influência do conforto térmico na produtividade.

A *CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE TRABALHO* constitui a segunda etapa deste questionário e visa, essencialmente, averiguar três factos. Primordialmente verificar a antiguidade do trabalhador na empresa através da questão “HÁ QUANTO TEMPO DESEMPENHA FUNÇÕES NESTA EMPRESA?” para mais tarde poder analisar se esta pode ou não estar relacionada com uma melhor percepção acerca da produtividade e ainda porque um número crescente de investigadores reconheceu que os ocupantes interagem com os seus ambientes e que estes adaptam os seus comportamentos e expectativas em relação ao conforto térmico (Baker & Standeven, 1996; Benton et al, 1990; Brager & de Dear, 1998; Cena et al, 1986; de Dear & Brager, 2001; 2002; Humphreys, 1994 citados por Charles, 2003). De seguida, caracterizar o tipo de tarefa desenvolvida ao nível da sua postura e do tipo de trabalho, sendo que nesta questão “QUAL O TIPO DE POSTURA E DE TRABALHO DESENVOLVE?” se optou por uma escolha múltipla dando várias opções de resposta, com o intuito de quantificar facilmente o metabolismo. Por fim, mas não menos importante, seleccionar as peças de vestuário que os participantes utilizam habitualmente naquele local, ferramenta imprescindível para calcular o isolamento do vestuário e poder avaliar o conforto térmico. O horário de trabalho foi também colocado nesta etapa com a finalidade apenas de saber a que turnos pertenciam os trabalhadores.

#### **4.4.2 Questionário B**

A primeira informação requerida no *Questionário B* é o nome do participante tendo a finalidade de identificar as respostas dadas e poder agrupá-las aos restantes questionários. De seguida solicita-se a data por uma questão de gestão da informação recolhida ao longo dos vários dias de observação.

Com a finalidade de se avaliar a sensação térmica dos trabalhadores participantes optou-se por colocar uma questão de escolha múltipla com os vários níveis de sensação térmica propostos na ISO 7730/2005, tal como podemos ver na Tabela 4.1.

**Tabela 4.1** – Níveis de Sensação Térmica utilizados no Questionário B (adotado da ISO 7730/2005).

Muito Quente	+3
Quente	+2
Ligeiramente Quente	+1
Nem Frio, nem Quente	0
Ligeiramente Frio	-1
Frio	-2
Muito Frio	-3

Reforçando a questão anterior cada participante indicou “COMO GOSTARIA DE SE SENTIR AGORA” numa escolha de três opções (Tabela 4.2). Assim sendo, os trabalhadores indicaram a sua opinião em relação ao seu conforto térmico naquele local.

**Tabela 4.2** – Escala de avaliação do conforto térmico (adotado de Parsons, 2003).

	Mais Quente	Sem alteração	Mais Frio
X			

#### **4.4.3 Questionário C**

Tal como nos restantes, também o designado Questionário C se inicia com a identificação do participante com a finalidade de estudar possíveis correlações entre as respostas aos diferentes questionários.

Com o objetivo de analisar a perceção que cada participante tem relativamente à influência do conforto térmico na produtividade optou-se por utilizar neste questionário uma escala diferencial, cujas respostas consistem num par de adjetivos opostos. Ao longo das dez questões colocadas, os adjetivos utilizados foram sempre os mesmos, sendo “Muito” e “Pouco” (Tabela 4.3).

**Tabela 4.3** – Escala de avaliação da perceção da produtividade utilizada no Questionário C.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

A primeira questão relacionada diretamente com o objetivo desta avaliação consistiu na classificação por parte dos participantes, de acordo com o seu grau de concordância, da

seguinte afirmação “O DESCONFORTO TÉRMICO INFLUENCIA A PRODUTIVIDADE”. Por consequência houve também necessidade de se classificar mais duas afirmações que completariam a anterior, sendo estas “O DESCONFORTO TÉRMICO INFLUENCIA A PRODUTIVIDADE NEGATIVAMENTE” e “O DESCONFORTO TÉRMICO INFLUENCIA A PRODUTIVIDADE POSITIVAMENTE” com a finalidade de perceber se essa possível influência seria no sentido positivo ou negativo para o desempenho dos inquiridos.

Por sua vez, registou-se a classificação de afirmações referentes a ambientes térmicos frios e quentes. Assim sendo, o grau de concordância dos participantes permitiu perceber se, segundo as suas opiniões, o frio influencia positiva ou negativamente a produtividade assim como o calor.

Finalmente, e em oposição às primeiras questões, os participantes indicaram, segundo a mesma escala, qual a sua opinião relativamente à seguinte afirmação: “O CONFORTO TÉRMICO INFLUENCIA A PRODUTIVIDADE”. Vindo de seguida a afirmação anterior a ser diferencialmente classificada segundo o modo da influência, positiva ou negativamente.

#### **4.5 CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO**

Visando alcançar o objetivo fulcral deste estudo revelou-se de extrema importância caracterizar o ambiente térmico. Esta caracterização foi conseguida através da medição dos seus parâmetros físicos, sendo estes a temperatura do ar, a temperatura radiante, a humidade relativa e a velocidade do ar.

Como já havia sido referido, as variáveis do ambiente térmico foram medidas todos os dias em que foram realizadas observações tanto no turno da manhã como no da tarde, uma vez que, estes são fixos.

Tanto a temperatura do ar como a humidade relativa foram medidas ao longo de cada turno, obtendo-se uma série de valores contínuos, uma vez que, o aparelho de medida, explicado mais à frente neste Capítulo, o permite. Por sua vez, a temperatura radiante e a velocidade do ar foram medidas no mesmo período de tempo mas com menos quantidade de valores obtidos.

##### **4.5.1 Métodos e Instrumentos de Medição**

Na prática, a análise do conforto térmico num posto de trabalho necessita do conhecimento de grandezas físicas e características do ambiente de trabalho. Assim sendo, o conhecimento da temperatura do ar, da temperatura radiante, da humidade relativa e da velocidade do ar é crucial



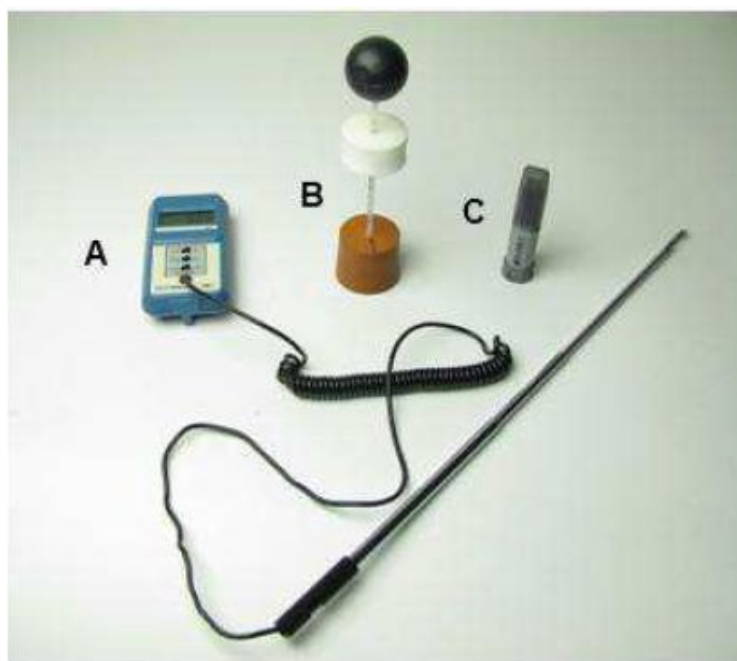
para a caracterização do ambiente térmico, sendo estas as variáveis medidas durante a presente investigação.

A temperatura e humidade relativa do ar foram medidas através do mesmo instrumento, o *Data Logger* da marca Lascar e modelo EL-USB. Estes foram colocados num tripé, um ao nível dos pés e outro ao nível das ancas dos participantes, e manteve-se estável nesse local durante o período da medição.

Por sua vez, a velocidade do ar foi obtida através de um Termoanemómetro da marca TSI VelociCheck e modelo 8330. O instrumento foi colocado de igual forma no tripé de forma a manter-se estável e não sofrer oscilações, aguardando-se cerca de 5 minutos antes de realizar a primeira medição.

Por fim, para obter a temperatura radiante foi medida a temperatura do globo utilizando-se um Termómetro de Globo da marca *CASELLA* e modelo RS2842:1992 (Figura 4.2), colocado ao nível dos pés e anca dos trabalhadores. Este termómetro necessita de estabilizar cerca de 20 minutos para que após esse tempo se possa fazer uma leitura correta do mesmo.

Os pontos de medição foram escolhidos pela própria empresa de forma a não perturbar o ritmo de trabalho dos operadores, não sendo possível a aproximação requerida aos postos de trabalho e à posição assumida pelos trabalhadores.



**Figura 4.2** – Instrumentos de Medição dos Parâmetros Físicos do Ambiente Térmico. A- Termoanemómetro. B- Termómetro de Globo. C- *Data Logger*.

#### **4.5.2 Temperatura e Humidade Relativa Exteriores**

No decorrer deste estudo revelou-se importante registar a temperatura e humidade relativa do ar exterior. Segundo Charles (2003) estas duas variáveis podem afetar o ambiente térmico interior e a sua perceção. Assim sendo, recorreu-se ao *site* do Instituto Português do Mar e da Atmosfera num item designado Observação Superfície. Neste campo do *site* encontram-se registos diários de temperatura (°C) e humidade relativa do ar (%) médios, mínimos e máximos de várias estações climatológicas, medidos a 1.5 metros de altura. Os dados recolhidos pertencem à Estação Climatológica de Braga, Merelim e foram recolhidos no período de dias em que ocorreram medições na empresa em questão.



### APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

#### 5.1 INTRODUÇÃO

O presente Capítulo é destinado à apresentação e discussão dos resultados obtidos ao longo do estudo, dividindo-se em 6 partes. A primeira parte é relativa à caracterização do espaço onde foi realizado o estudo, sendo possível observar as duas principais áreas onde foram realizadas as medições dos parâmetros físicos do conforto térmico e aplicados os *Questionários A, B e C*. Posteriormente segue-se a caracterização da amostra, ou seja, a caracterização dos participantes neste projeto. A terceira secção deste capítulo intitula-se de “Caracterização do Conforto Térmico” sendo descritos os parâmetros físicos, os parâmetros individuais, o Índice PPD/PMV e as sensações térmicas. De seguida, prossegue-se à caracterização da produtividade, sendo possível quantificar os níveis da mesma e os resultados do *Questionário C*. A quinta parte deste capítulo refere-se à descrição das condições climáticas exteriores. Por fim, na sexta secção temos a análise estatística e discussão dos resultados, que apresenta tanto testes de diferenças como de correlação.

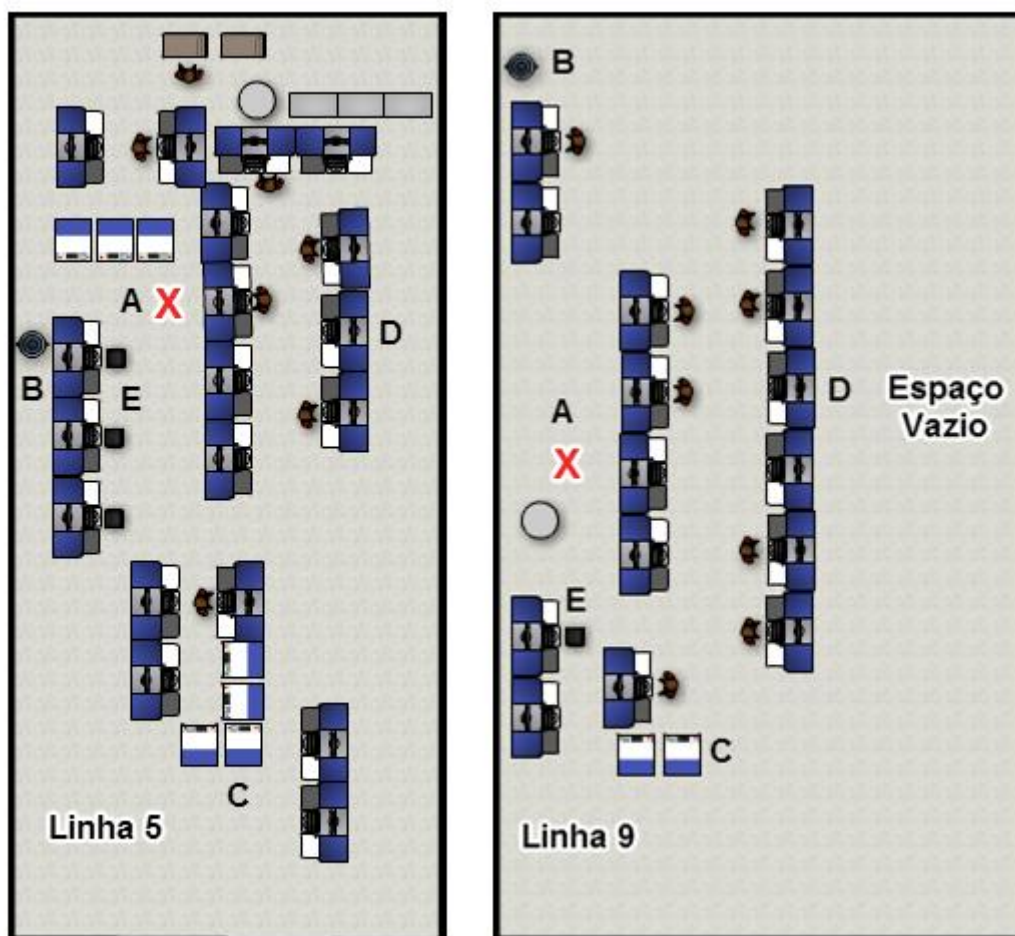
O tratamento e a análise dos dados recolhidos foram feitos através da utilização do *software IBM® SPSS® (Statistic Package for the Social Sciences)*, versão 20.0.

#### 5.2 CARACTERIZAÇÃO DO ESPAÇO

Tal como já havia sido referido ao longo do Capítulo 4, a responsável dentro da empresa pela orientação deste estudo sugeriu os locais mais apropriados para a realização das medições dos parâmetros físicos do ambiente térmico e para a aplicação dos *Questionários A, B e C* aos participantes. Esta sugestão teve como base as queixas dos trabalhadores relativamente à sua sensação térmica no decorrer do horário de trabalho. Desta forma, foram tidos em conta feedbacks de sensações térmicas quentes e frias. Assim sendo, e uma vez que são desenvolvidas tarefas semelhantes, foram escolhidos a Linha 5 e a Linha 9 como locais alvo do presente estudo.

A designada Linha 5, situada no meio da fábrica, era cercada por outras linhas semelhantes e por corredores de circulação de comboios de distribuição do material necessário para a

montagem dos componentes automóveis. Neste local as bancadas de trabalho eram sequenciais, nas quais os participantes se situavam lado a lado ou de costas voltadas uns para os outros. Havia dois postos de trabalho, observados, mais próximos de máquinas detetoras de defeitos e seis mais afastados. Todas as tarefas desenvolvidas eram semelhantes, sendo que os trabalhadores adotavam a posição de pé e se deslocavam para outros postos, existindo também postos de trabalho sentados, nos quais os participantes laboravam metade do seu horário de trabalho (Figura 5.1).



**Figura 5.1-** Planta da Linha 5 e Linha 9. A – Tripé. B – Emissor de vapor de água. C – Máquina detetora de defeitos. D – Posto de trabalho de pé. E – Posto de trabalho sentado.

Por sua vez, a Linha 9 era situada num extremo da fábrica, no qual havia um grande espaço vazio, ou seja, sem qualquer tipo de bancadas ou máquinas. Assim sendo, se por um lado esta linha tinha outra linha semelhante no seu limite esquerdo, por outro tinha um espaço desocupado. Neste local, a maioria das tarefas era realizada de pé e havendo deslocação, sendo

que existia apenas um posto sentado. É de salientar ainda o facto de haver um posto de trabalho cujo participante foi alvo de observação que laborava ao lado de uma máquina de detetar defeitos (Figura 5.1).

Ao longo de toda a zona de fabricação e com o intuito de manter a humidade ótima para uma menor carga estática, existem vários emissores de vapor de água. Estes emissores localizam-se no teto, por vezes, junto dos postos de trabalho (Figura 5.1).

A distribuição do tripé com os instrumentos utilizados para a medição dos parâmetros físicos do ambiente térmico também pode ser observada na Figura 5.1.

No Anexo I é possível ver o afastamento destes dois locais escolhidos e a sua posição ao nível global da zona de fabricação.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

No presente estudo, por questões metodológicas, foram inquiridos 28 trabalhadores de duas linhas de montagem de autorrádios, distribuídos por dois turnos de trabalho. Assim sendo, os resultados apresentados têm como base as respostas de 16 trabalhadores da linha 5, laborando 8 no designado turno da manhã e 8 no da tarde e de 12 trabalhadores da linha 9, igualmente distribuídos pelos dois turnos. Os 28 participantes são todos do sexo feminino, uma vez que, não havia indivíduos do sexo masculino a desempenharem funções semelhantes às necessariamente escolhidas para a realização deste estudo. Na figura 5.2 podem ser observadas as frequências das idades dos participantes, sendo a média de 46 anos e o mínimo e máximo de 37 e 58 anos, respetivamente.

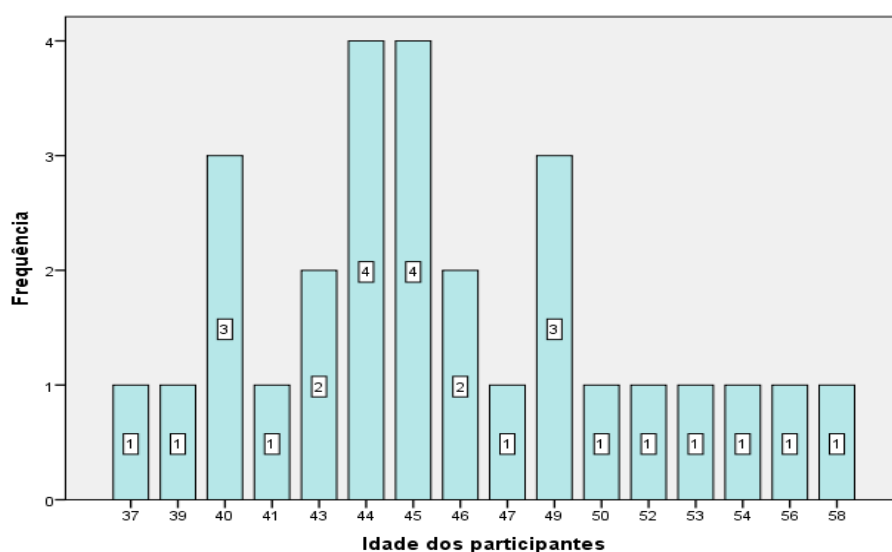


Figura 5.2 – Frequência da idade dos participantes.

De igual forma, foram recolhidos no *Questionário A*, dados relativos ao peso e altura dos indivíduos. O peso destes variava entre os 52 e os 85 quilogramas (Kg) e a altura entre os 147 e os 170 centímetros (cm) (Tabela 5.1).

**Tabela 5.1** – Dados de peso e altura da amostra.

	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
<b>Peso (Kg)</b>	65,2	52	85	8,62
<b>Altura (cm)</b>	159,6	147	170	5,42

Relativamente à antiguidade dos participantes na empresa 100% afirmou trabalhar no local há mais de 10 anos. Por sua vez, a formação académica dos mesmos revelou-se algo diferenciada, variando desde habilitações académicas do 2ºano de escolaridade até ao 12ºano, sendo o 9ºano o que apresenta maior frequência (Tabela 5.2).

**Tabela 5.2** – Dados da formação académica da amostra.

Formação académica	Frequência	Percentagem (%)
<b>2ºano</b>	1	3,6
<b>4ºano</b>	4	14,3
<b>5ºano</b>	1	3,6
<b>6ºano</b>	6	21,4
<b>9ºano</b>	9	32,1
<b>11ºano</b>	3	10,7
<b>12ºano</b>	4	14,3

Em termos de profissão todos os participantes responderam da mesma forma, uma vez que todos desempenham tarefas semelhantes dentro da empresa, sendo desta forma, operadores de linha.

## 5.4 CARACTERIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO

### 5.4.1 Parâmetros físicos

Tal como já havia sido referido, a medição dos parâmetros físicos do ambiente térmico foi realizada em duas secções de trabalho distintas, nas quais se desempenham tarefas semelhantes em termos de postura, movimento e trabalho, a linha 5 e a linha 9. Em cada um destes espaços da laboração foram realizadas medições nos meses de Maio e Junho nos turnos da manhã e da tarde, mais especificamente às 10horas e às 16horas, respetivamente.

Por questões metodológicas escolheram-se duas posições para a colocação dos instrumentos de medida, ao nível dos pés e das ancas. Assim sendo, e de forma resumida existem medições da temperatura do ar, humidade relativa, temperatura do globo e velocidade do ar para os dois turnos em duas linhas de trabalho distintas (Tabela 5.3).

**Tabela 5.3** – Resultados estatísticos dos parâmetros físicos do ambiente térmico.

Manhã	Linha 5				Linha 9			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Ta (°C)	22	21	23	0,62	22,3	21,5	23	0,38
HR (%)	58,7	53,5	69	3,2	57,1	50	62,5	3,4
Tg (°C)	22,8	22	23	0,44	22	21	23	0,71
Va(m/s)	0,02	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01	0,03	0,01
Tarde	Linha 5				Linha 9			
	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão	Média	Mínimo	Máximo	Desvio padrão
Ta (°C)	22,4	21	23,5	0,51	22,6	22	23,5	0,31
HR (%)	55,8	39	66	5,9	55,1	45,5	62	4,5
Tg (°C)	23	22	24	0,58	22,3	22	23	0,38
Va(m/s)	0,02	<0,01	0,03	0,01	0,02	0,01	0,03	0,01

O mínimo da temperatura do ar registou-se na linha 5, sendo de 21°C, em ambos os turnos. Segundo Miguel (2010) a temperatura mínima admissível para trabalhos ligeiros de pé encontra-se nos 17 °C, logo verifica-se que, o mínimo medido no local do estudo se encontra acima do indicado por este autor. Por sua vez, o máximo, 23,5 °C, foi atingido em ambos os locais de observação, no entanto, apenas no turno da tarde. Este valor encontra-se mais uma vez acima do valor indicado por Miguel (2010), de cerca de 22 °C. Assim sendo, tanto o valor



mínimo como o máximo se encontram distantes da temperatura ótima, de 18°C, para este tipo de trabalho (Miguel, 2010). Em termos médios, os valores variam entre os 22 °C obtidos na linha 5, no turno da manhã e os 22,6°C obtidos na linha 9, no turno da tarde (Tabela 5.3).

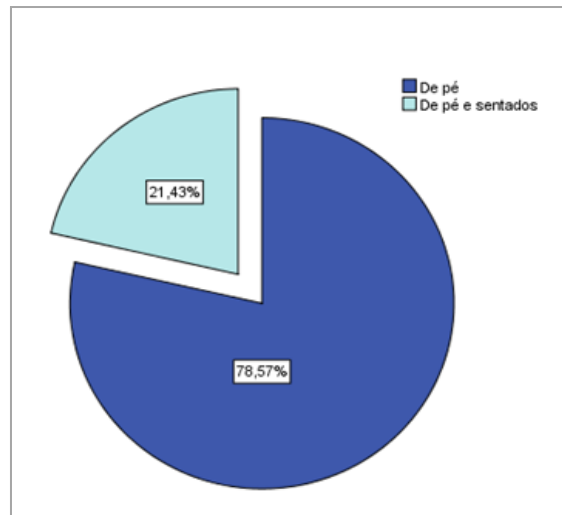
No que respeita à humidade relativa o valor mínimo situa-se nos 39% enquanto o valor máximo atingido foi de 69%, verificando-se, assim, uma grande diferença entre estes dois valores. É de salientar que ambos os valores foram registados na linha 5, o mínimo no turno da tarde e o máximo na da manhã. Estes valores encontram-se na gama de valores recomendados por Miguel (2010), segundo o qual a humidade mínima deve ser de cerca 30% e máxima de 70%, sendo que o valor ótimo será de 50%. As médias atingidas situam-se entre os 55,1% e os 58,7% valores ligeiramente afastados daquela que será a humidade ótima para este tipo de trabalho.

A temperatura do globo apresentou valores entre os 21°C e os 24°C, sendo estes respetivamente o mínimo e o máximo. Estes foram registados em locais distintos, ou seja, o valor mais baixo foi registado na linha 9 e o mais alto na linha 5. Em termos médios os valores na linha 5 rondam os 23°C e na linha 9 os 22°C, tal acontece em ambos os turnos.

Atendendo à velocidade do ar obtiveram-se valores inferiores a 0,01 m/s e 0,03 m/s, sendo a média de 0,02 m/s, valor obtido em todas as linhas e turnos, com exceção da linha 9 no turno da manhã em que esta foi de 0,03m/s. A velocidade do ar não deve ultrapassar os 0,2 m/s em trabalhos ligeiros de pé (Miguel, 2010), desta forma os valores obtidos nos locais da empresa situam-se bastante abaixo do valor de referência, sendo um facto positivo.

#### **5.4.2 Parâmetros Individuais**

Como já havia sido referido no Enquadramento Teórico do presente estudo, o cálculo do índice PPD-PMV baseia-se em parâmetros físicos do ambiente térmico, metabolismo e isolamento do vestuário (ISO 7730:2005). Por sua vez, para se obter o valor do metabolismo final foi necessário verificar qual a postura, movimento e trabalho que os participantes adotam no momento do desempenho das suas funções. Após uma observação atenta ao tipo de trabalho realizado, verificou-se que 100% dos participantes executam tarefas ligeiras com os dois braços. Em termos de postura e deslocamento adotados apenas 6 participantes trabalham 4 horas de pé e a deslocarem-se ao mesmo nível sem carga e 4 horas sentadas, os restantes laboram sempre de pé e a deslocarem-se (Figura 5.3).



**Figura 5.3** – Dados da postura de trabalho da amostra.

Juntando estes dados com o metabolismo basal (40) e a superfície corporal, representada por  $A_{du}$  e calculada através da equação 5.1 (Parsons, 2003), obteve-se um valor médio de aproximadamente 241,2 W (Tabela 5.4).

$$A_{du} = 0,202 \cdot mc^{0,425} \cdot ac^{0,725} \quad \text{Equação 5.1}$$

$A_{du}$  = superfície corporal ( $m^2$ )

$mc$  = massa do corpo (kg)

$ac$  = altura do corpo (m)

Por fim, foi observado o tipo de vestuário que os participantes utilizam, sendo comum e obrigatório o uso de bata, sapatos e luvas fornecidos pela empresa (Figura 5.4).



**Figura 5.4** – Vestuário obrigatório na empresa na qual foi realizado o estudo.

A partir da recolha destes dados foi calculado o isolamento do vestuário (ISO 7730:2005) sendo de, em média, 0,83 lcl (Tabela 5.4). Segundo a ISO 7730:2005 os valores recomendados deste tipo de isolamento devem encontrar-se entre 1,0 lcl no Inverno e 0,5 lcl no Verão, localizando-se, portanto, a média entre estes valores.

**Tabela 5.4** – Dados de superfície corporal, metabolismo e isolamento do vestuário da amostra.

	<b>Média</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Desvio padrão</b>
<b>Superfície corporal (m²)</b>	1,70	1,46	1,97	0,13
<b>Metabolismo (W)</b>	241,2	194,2	344,1	30,5
<b>Isolamento do vestuário (lcl)</b>	0,83	0,78	0,94	0,07

#### **5.4.3 Índice PPD-PMV**

O PMV, como já havia sido exposto, representa o voto médio de um grupo significativo de pessoas em termos de sensação térmica. Sendo que o zero representa o conforto, os níveis acima deste valor referem-se a sensações quentes e abaixo a frias (Miguel, 2010).

Por sua vez, o PPD apresenta-nos uma previsão quantitativa do número de pessoas insatisfeitas com determinado ambiente térmico (Miguel, 2010).

Estes índices foram calculados com base na combinação das médias das variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura do globo, velocidade do ar e humidade relativa) de cada linha e turno com as médias do metabolismo e do isolamento do vestuário.

**Tabela 5.5** – Índice PPD-PMV nos diferentes locais e turnos.

<b>Manhã</b>	<b>Linha 5</b>	<b>Linha 9</b>
PMV	1,26	1,15
PPD	38%	33%
<b>Tarde</b>	<b>Linha 5</b>	<b>Linha 9</b>
PMV	1,25	1,18
PPD	38%	34%

Atendendo aos valores obtidos do PMV podemos verificar que existem algumas diferenças entre linhas, assim sendo, é no turno da manhã que surgem os valores máximo e mínimo,

sendo respetivamente na linha 5 e na linha 9 (Tabela 5.5). Segundo o que é recomendado na ISO 7730:2005 os valores do PMV devem situar-se entre os -0,5 e os 0,5, o que neste caso não acontece, uma vez que, o valor máximo obtido é de 1,26 e o mínimo de 1,15. Verificam-se nos locais deste estudo sensações térmicas ligeiramente quentes.

Relativamente ao PPD podemos, de igual forma, verificar que os valores obtidos são extremamente elevados quando comparados com os 10% recomendados na ISO 7730:2005, uma vez que, se situam entre os 34% na linha 9 e os 38% na linha 5, ambos no turno da manhã (Tabela 5.5).

#### 5.4.4 Caracterização da Sensação Térmica

O *Questionário B* permitiu-nos, ao longo dos dias de recolha de dados na empresa, avaliar quais as sensações térmicas dos participantes. Assim sendo, estes foram convidados a responder a duas questões, por um lado, indicar como se sentiam no momento da recolha de dados e, por outro, indicar como gostariam de se sentir.

Relativamente à sensação térmica no momento obtiveram-se indicações bastantes distintas no que respeita aos turnos e às linhas analisadas (Figura 5.5).

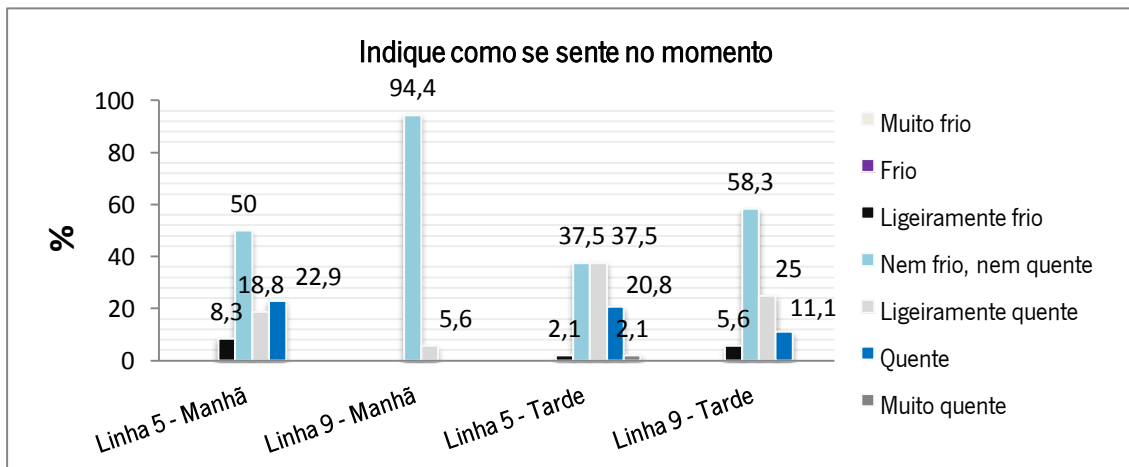


Figura 5.5 – Caracterização das sensações térmicas dos participantes.

Na linha 5, no turno da manhã, metade dos participantes indicou uma sensação térmica neutra, ou seja, 50% achavam estar *Nem frio, nem quente*. Este valor baixou para os 37,5% na mesma linha mas no turno da tarde, igualando o número de pessoas que indicava estar *Ligeiramente quente*. Por sua vez, neste local a percentagem de participantes que indicaram estar *Quente* é bastante próxima nos dois turnos (22,9% e 20,8%). Em contraste surge-nos a

sensação térmica *Ligeiramente frio* a qual foi indicada por 8,3% dos participantes do turno da manhã da linha 5 contra apenas 2,1% do turno da tarde da mesma linha. É ainda de salientar o facto de 2,1% dos trabalhadores indicar que estava *Muito quente*, na linha 5, no turno da tarde.

No que respeita à linha 9, no turno da manhã, surgiram apenas duas opções de respostas por parte dos inquiridos, assim sendo, 94,4% indicou estar *Nem frio, nem quente* e 5,6% indicou sentir-se *Ligeiramente quente* (Figura 5.5). No turno da tarde 58,3% dos participantes indicou sentir-se *Nem frio, nem quente*, 25% *Ligeiramente quente*, 11,1% *Quente* e 5,6% *Ligeiramente frio*. Com 0% de respostas nas duas linhas e nos dois turnos surgiram as sensações térmicas *Muito Frio* e *Frio* (Figura 5.5).

Analisando comparativamente as linhas 5 e 9 verificamos que em ambos os turnos os participantes da linha 9 se revelam mais confortáveis com o ambiente térmico que os envolve, uma vez que, surge uma maior percentagem de sensações térmicas neutras do que na linha 5. Nesta última, surgem assim, mais sensações *Ligeiramente quentes* e *Quentes* (Figura 5.5).

Quando questionados quanto à sua preferência térmica as respostas que os participantes mais deram foram *Mais frio* e *Sem alteração*, sendo que *Mais quente* surgiu numa percentagem reduzida (Figura 5.6).

Na linha 5 no turno da manhã mais de metade (52,1%) dos questionados indicou ser *Sem alteração* a sua preferência, no entanto, no turno da tarde cerca de 56,3% preferia sentir-se *Mais frio*. A resposta mais quente surgiu também nesta linha nos dois turnos (Figura 5.6).

Por sua vez, na linha 9 a maioria dos participantes não alterava as condições térmicas do seu local de trabalho, respondendo *Sem alteração*. Tal resposta ocorreu nos dois turnos sendo que no da manhã foi mais acentuada do que no da tarde, 83,3% e 63,9% respetivamente.

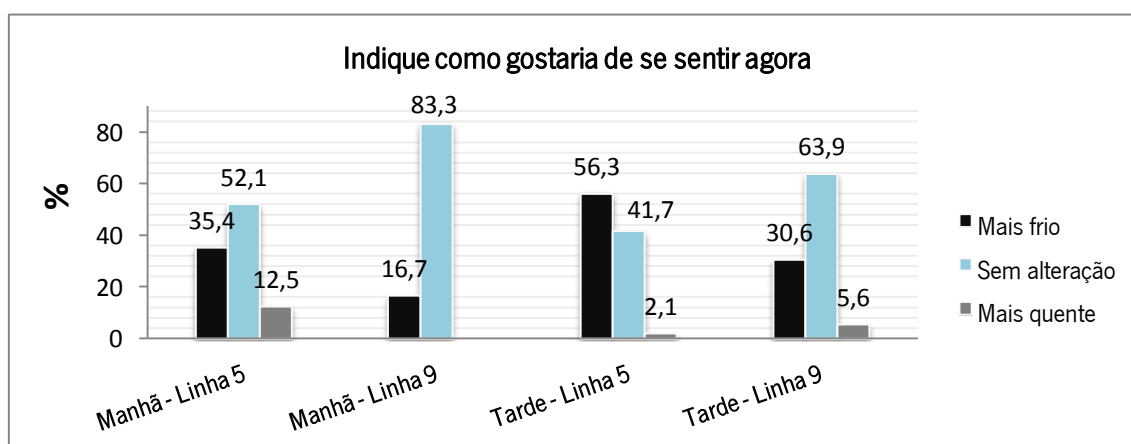


Figura 5.6 – Caracterização das preferências térmicas dos participantes.

## 5.5 CARACTERIZAÇÃO DA PRODUTIVIDADE

### 5.5.1 Produtividade efetiva

A "Produtividade" é geralmente associada aos objetivos da organização e traduz-se num valor que corresponde ao ponto que as atividades têm proporcionado em termos de objetivos de desempenho do sistema (Parsons, 2003). Na empresa na qual foi desenvolvida o estudo são criadas metas diárias em termos de quantidade de produto a ser criado, sendo o objetivo atingir diariamente os 100% de produtividade em termos de percentagem.

A Figura 5.7 representa os níveis de produtividade atingidos na linha 5 e na linha 9, sendo que em cada uma estão representados os dois turnos de trabalho. Podemos verificar que na linha 5 as percentagens de produtividade são sempre mais elevadas do que na linha 9. Assim sendo, o máximo alcançado na linha 5 foi de 112% em dois dias do estudo e o mínimo de 97%. Por sua vez, na linha 9 nunca se atingiu a produtividade expectável de 100%, ficando sempre abaixo deste valor, sendo o máximo de 92% e o mínimo de 89%.

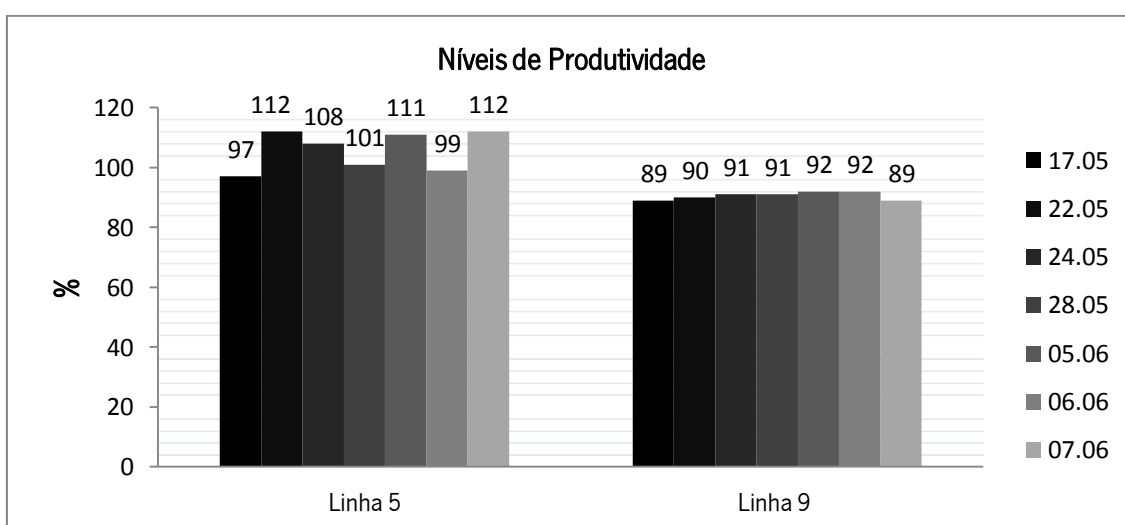


Figura 5.7 – Níveis de produtividade alcançados durante o estudo.

### 5.5.2 Perceção da influencia do conforto térmico na produtividade

O *Questionário C* permitiu-nos entender a forma como os participantes percebem a influencia do conforto térmico na produtividade, avaliando numa escala de 1 a 5, sendo 1 muito e 5 pouco, várias afirmações. Na tabela 5.6 encontram-se resumidos os resultados obtidos por aplicação deste mesmo *Questionário* aos 28 trabalhadores da amostra.

Tabela 5.6 – Resultados obtidos por aplicação do *Questionário C*.

Afirmação Avaliada	Amplitude Possível	Amplitude Obtida		Resultados			
		Linha 5	Linha 9	Linha 5		Linha 9	
	[Min; Max]	[Min; Max]	[Min; Max]	Média	D.P	Média	D.P
O desconforto térmico influencia a produtividade	[1; 5]	[1; 3]	[1; 5]	1,69	0,70	2,33	1,37
O desconforto térmico influencia a produtividade negativamente	[1; 5]	[1; 2]	[1; 5]	1,62	0,50	2,67	1,50
O desconforto térmico influencia a produtividade positivamente	[1; 5]	[4; 5]	[4; 5]	4,88	0,34	4,83	0,39
O frio diminui a produtividade	[1; 5]	[2; 5]	[1; 5]	3,63	1,15	3,08	1,68
O frio aumenta a produtividade	[1; 5]	[3; 5]	[2; 5]	4,25	1	4,67	0,89
O calor diminui a produtividade	[1; 5]	[1; 4]	[2; 5]	1,88	0,96	3,5	1,17
O calor aumenta a produtividade	[1; 5]	[4; 5]	[3; 5]	4,88	0,34	4,5	0,80
O conforto térmico influencia a produtividade	[1; 5]	[1; 2]	[2; 5]	1,50	0,52	2,83	1,34
O conforto térmico influencia a produtividade negativamente	[1; 5]	[4; 5]	[2; 5]	4,88	0,34	4,75	0,87
O conforto térmico influencia a produtividade positivamente	[1; 5]	[1; 5]	[2; 5]	1,94	1,12	2,67	1,16

Analisando os vários resultados é de destacar a unanimidade das respostas por parte dos participantes de ambas as linhas à afirmação “O desconforto térmico influencia a produtividade positivamente”, sendo que a amplitude só variou entre 4 e 5 e que as médias (4,88 e 4,83) se aproximam bastante de 5, ou seja, do que se considera haver pouca influência de forma positiva do desconforto térmico na produtividade. As médias de resposta mais elevadas coincidem também em ambas as linhas nas seguintes afirmações: “O frio aumenta a produtividade”, “O calor aumenta a produtividade” e “O conforto térmico influencia a produtividade negativamente”. Assim sendo, o nível de classificação destas afirmações aproxima-se do 5, ou seja, “pouco”. Por outro lado, focando-nos na linha 5 podemos verificar que tanto no que se refere à “influência do desconforto térmico na produtividade” como à “influência negativa” por parte deste obtiveram-se as médias mais baixas, sendo de respetivamente 1,69 e 1,62, ou seja, sendo as mais próximas do nível 1 classificado como “muito”. Da mesma forma as pontuações mais baixas na linha 9 foram obtidas nas mesmas afirmações sendo no entanto mais elevadas do que na linha 5 (2,33

e 2,67). Finalmente podemos salientar o facto de a amplitude de respostas obtida na linha 5 apresentar sempre um intervalo igual ou inferior ao obtido na linha 9, revelando maior concordância das percepções entre os participantes da linha 5.

## 5.6 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES CLIMÁTICAS EXTERIORES

Segundo Charles (2003) a temperatura e humidade relativa do ar exterior podem afetar o ambiente térmico interior e a sua percepção. Desta forma, tal como já havia sido descrito no Capítulo 4, estas duas variáveis foram registadas ao longo dos dias nos quais decorreram as medições na empresa, ou seja, dias dos meses de Maio e Junho. Estes dois meses foram os únicos possíveis de realizar medições, devido à disponibilidade por parte da empresa, de forma a haver maior variabilidade na temperatura e humidade do ar exteriores e na influência que estas poderiam ter no ambiente térmico interior e, por isso, na percepção dos participantes relativamente ao conforto térmico.

A média das temperaturas do ar varia entre os 10,7°C e 18,9°C, sendo registadas no dia 17 e no dia 22 de Maio respetivamente. A temperatura máxima mais alta ocorreu no dia 22 de Maio sendo de 27°C, enquanto a mais baixa (13,5°C) se verificou dia 17 do mesmo mês. Por sua vez, a temperatura mínima mais alta registou-se no dia 6 de Junho, cerca de 13,3°C, e a mais baixa no dia 17 de Maio (7,2°C). É ainda de salientar os dias 22 e 24 de Maio sendo os que apresentam maior diferença nas temperaturas mínimas e máximas registadas, sendo esta diferença de, respetivamente, 17,4°C e 16,8°C (Figura 5.8).

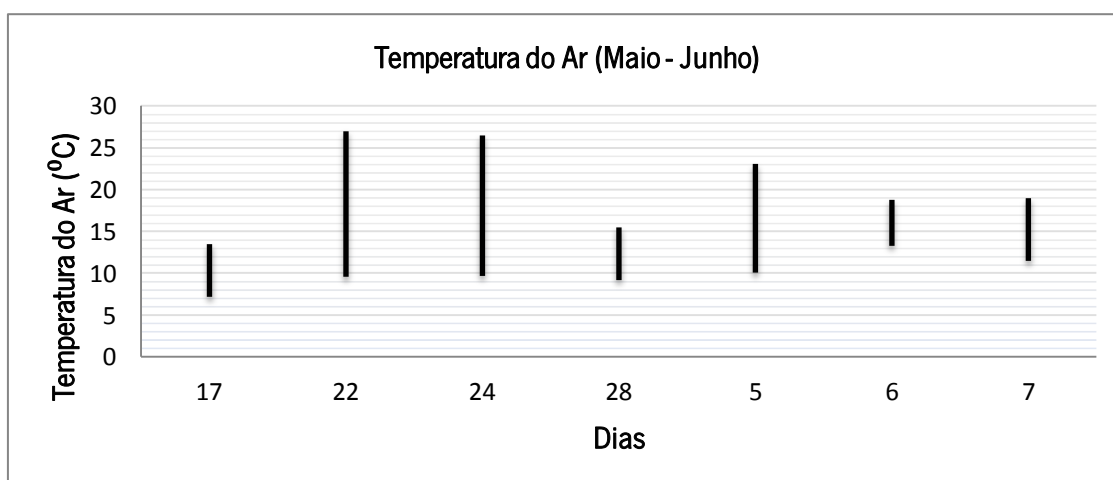


Figura 5.8 – Temperaturas máximas e mínimas exteriores registadas no decorrer do estudo.



A média da humidade relativa exterior varia entre os 69% e os 81%, sendo que a mais baixa foi registada dia 24 de Maio e a mais alta dia 17 do mesmo mês. Atendendo ao dia 24 de Maio verifica-se o máximo e o mínimo de humidade relativa observada, sendo de respetivamente, 21% e 100%. A mínima mais alta teve ocorrência no dia 17 de Maio (56%) e a máxima mais baixa no dia 5 de Junho (88%) (Figura 5.9).

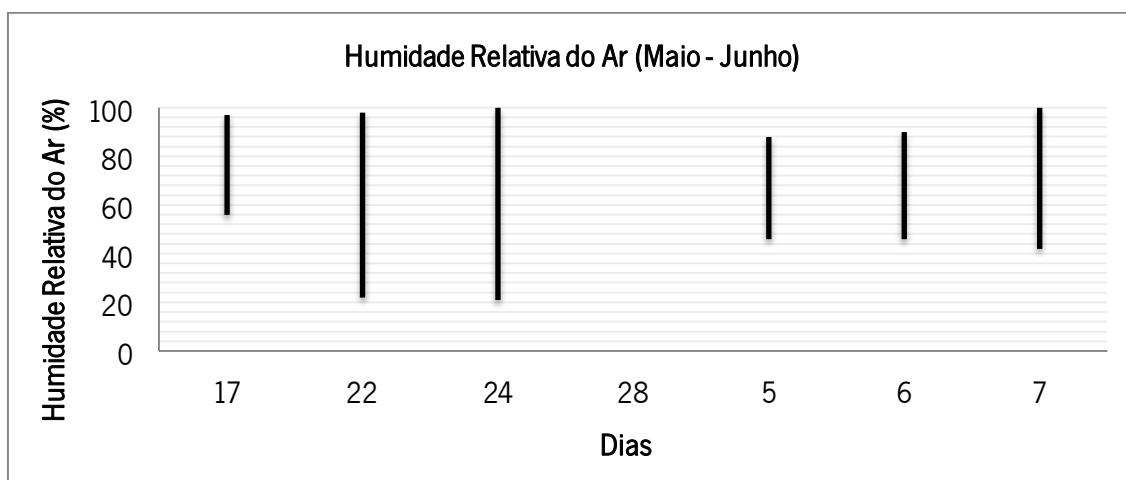


Figura 5.9 – Humidades relativas máximas e mínimas exteriores registadas no decorrer do estudo.

## 5.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Visando o cumprimento dos objetivos anteriormente estabelecidos tais como relacionar o conforto térmico com a produtividade efetiva e relacionar o conforto térmico com a perceção dos trabalhadores sobre a influência do mesmo na produtividade, tornou-se necessário realizar dois tipos de testes estatísticos, Testes de Diferenças e Testes de Associação. A análise exploratória dos dados previamente realizada revelou não estarem cumpridos os pressupostos subjacentes à utilização de testes paramétricos (Martins, 2011). Assim sendo, e ainda pelo facto de existirem algumas variáveis ordinais, foram utilizados os Testes de *Mann-Whitney* para avaliar diferenças entre os parâmetros físicos do conforto térmico, sensações térmicas, PMV e níveis de produtividade nas duas linhas de produção analisadas. Por outro lado, e devido mais uma vez à falha do pressuposto Normalidade, o Coeficiente de Correlação de *Spearman* revelou-se o teste mais robusto para verificar a existência ou ausência de correlações entre os parâmetros físicos do conforto térmico, a produtividade e a sensação térmica e esta última com a perceção dos participantes acerca da influência do conforto térmico na produtividade.

### 5.7.1 Testes de Diferenças

Tal como já havia sido referido, os parâmetros físicos do conforto térmico, as sensações térmicas, os níveis de produtividade e os índices PPD-PMV foram medidos em duas linhas de produção diferentes e em dois turnos. As designadas Linha 5 e Linha 9 haviam sido recomendadas para o estudo pela própria empresa uma vez que havia queixas opostas por parte dos trabalhadores relativamente ao conforto térmico. Assim sendo, tornou-se pertinente a aplicação de testes de diferenças a todas estas variáveis.

#### 5.7.1.1 PARÂMETROS FÍSICOS DO CONFORTO TÉRMICO: TEMPERATURA DO AR, HUMIDADE RELATIVA, TEMPERATURA DO GLOBO E VELOCIDADE DO AR

Quanto aos parâmetros físicos do conforto térmico revelou-se importante verificar se efetivamente existiam diferenças significativas entre a temperatura do ar, a humidade relativa, a temperatura do globo e a velocidade do ar nas duas linhas e nos dois turnos de trabalho.

O teste de *Mann-Whitney*, representado pela letra U, foi aplicado para todos os parâmetros sendo o teste de hipóteses o seguinte:

$H_0$ : As duas amostras têm distribuições idênticas.

$H_1$ : As duas amostras têm distribuições diferentes.

Na tabela 5.7 encontram-se representados os resultados obtidos por aplicação do teste de diferenças referido para cada variável do conforto térmico em cada turno e linha. O valor de  $p$ , também denominado nível descritivo do teste, é a probabilidade de que a estatística do teste (como variável aleatória) tenha valor extremo em relação ao valor observado (estatística) quando a hipótese  $H_0$  é verdadeira. Por sua vez, *Mean Rank* representa a média das ordens de cada amostra observada (Martins, 2011).

Atendendo à variável temperatura do ar podemos verificar que existem diferenças significativas na sua distribuição tanto ao nível dos turnos de trabalho ( $U=6206,5$ ;  $p=0,00$ ) como das linhas ( $U=8155,5$ ;  $p=0,01$ ), uma vez que, em ambos os casos  $p < \alpha=0,05$  rejeitando-se a hipótese nula e concluindo-se que as temperaturas do ar são mais elevadas no turno da tarde e na linha 9 do que no turno da manhã e na linha 5. Este facto poderá ser explicado devido à laboração contínua, ou seja, 24 horas por dia em 3 turnos de trabalho, da linha 9 o que não acontece na linha 5 na qual apenas laboram o turno da manhã e o da tarde. Não havendo paragem de máquinas nem de mão-de-obra em nenhum momento do dia desencadeia a

impossibilidade de um arrefecimento naquele local, daí a temperatura se encontrar sempre mais elevada do que na linha 5. A temperatura do ar exterior sofre alterações ao longo do dia, atingindo o seu máximo entre as 12 e as 16 horas (IPMA, 2013), assim sendo, e visto que as medições no turno da manhã foram realizadas cerca das 10 horas e as da tarde cerca das 16 horas podemos fundamentar o facto de as temperaturas do ar no turno da tarde serem mais elevadas numa possível influência por parte da temperatura exterior, no entanto, não podemos esquecer que a investigação do conforto e do desempenho térmico em edifícios envolve o estudo dos processos térmicos que ocorrem no interior de cada um deles (Krüger, 2002).

**Tabela 5.7** – Teste de diferenças de Mann-Whitney para os parâmetros físicos do conforto térmico.

	Ta			HR			Tg			Va		
	U	p	Mean Rank	U	p	Mean Rank	U	p	Mean Rank	U	p	Mean Rank
<b>Turno</b>	6206,5	0,00		7747,5	0,00		8802	0,01		2070	0,02	
Manhã			115,6			162,7			133,6			79,8
Tarde			173,4			126,3			155,4			65,2
<b>Linha</b>	8155,5	0,01		8372	0,05		4140	0,00		1890	0,02	
5			129,1			158,4			187,8			62,8
9			159,9			130,6			101,2			82,2

Quanto à humidade relativa as maiores diferenças ocorreram ao nível dos turnos de trabalho ( $U=7747,5$ ;  $p=0,00$ ), no entanto existem também diferenças significativas entre a linha 5 e a linha 9, uma vez que  $p=0,05=\alpha$ . Neste caso concreto a humidade relativa é mais elevada no turno da manhã na linha 5 do que no turno da tarde na linha 9, ao contrário do que acontece com a temperatura do ar. Assim sendo, segundo Kamsali, Prasad & Datta (2011) quanto mais elevada é a temperatura do ar maior a pressão de vapor de saturação e maior a capacidade de armazenamento de vapor de água, logo menor a humidade relativa. Também o facto de na linha 5 o tripé estar colocado mais perto das saídas de vapor de água para a manutenção da ausência da eletricidade estática pode contribuir para valores de humidade relativa mais elevados.

Relativamente à temperatura do globo a hipótese nula  $H_0$  continua a ser rejeitada tanto no que se refere ao turno de trabalho ( $U=8802$ ;  $p=0,01$ ) como à linha de produção ( $U=4140$ ;  $p=0,00$ ), concluindo-se que este parâmetro físico do conforto térmico é mais elevado no turno da tarde na linha 5 quando comparado com o turno da manhã na linha 9. Uma vez que, o posicionamento das linhas em termos de proximidade de janelas, de coberturas e de materiais

envolventes se revelam bastante semelhantes o facto de a temperatura do globo ser mais elevada na linha 5 pode dever-se ao facto de este local ser sempre o primeiro a ser medido, ou seja, poderá não ter havido estabilização suficiente por parte do termómetro de globo uma vez que demora cerca de 20 minutos a atingir o equilíbrio térmico com o ambiente que o rodeia (Pereira, 2004).

Finalmente, as velocidades do ar registadas ao longo do estudo nos dois turnos e nas duas linhas de trabalho assumem distribuições diferentes tal como acontece em todos os outros parâmetros físicos do conforto térmico. Desta forma, é aceite a hipótese alternativa ( $U=2070$ ;  $U=1890$ ;  $p=0,02$ ) e rejeitada a hipótese nula, sendo que a velocidade do ar é maior no turno da manhã na linha 9 do que no turno da tarde na linha 5. Este facto pode estar baseado na movimentação de comboios de distribuição do material e da circulação de trabalhadores junto dos tripés colocados na linha 9 ao contrário do que acontecia na linha 5 em que estes se encontravam junto de um vidro e mais afastados dos corredores e por isso menos sujeitos a estas movimentações.

#### 5.7.1.2 SENSações TÉRMICAS

Tal como já havia sido anteriormente descrito também ao nível das sensações térmicas experimentadas pelas trabalhadoras se revelou importante verificar se haveria diferenças significativas entre elas quando variado o turno e a linha de trabalho. Assim sendo as hipóteses mantiveram-se:

$H_0$ : *As duas amostras têm distribuições idênticas.*

$H_1$ : *As duas amostras têm distribuições diferentes.*

Atendendo aos resultados apresentados na tabela 5.8 podemos verificar que existem diferenças mais significativas entre as sensações térmicas ao nível das linhas de trabalho ( $U=2238,5$ ;  $p=0,01$ ) do que ao nível dos turnos de trabalho em que  $p=\alpha=0,05$ . Ainda com base neste teste de diferenças é possível concluir que é de tarde na linha 5 que a média das ordens ( $Mean Rank=88,9$ ) é mais elevada, ou seja, é neste local e neste turno que as sensações térmicas são avaliadas com níveis mais elevados, sendo mais quentes, tal acontecimento pode dever-se ao facto de haver maior proximidade por parte das trabalhadoras da máquina de defeitos, que inicia o seu funcionamento de manhã podendo, por isso, estar mais quente no turno da tarde, uma vez que, labora há mais horas. Uma vez que tanto os parâmetros físicos do

conforto térmico como as sensações térmicas revelam ter distribuições diferentes revelou-se, mais à frente, pertinente testar possíveis correlações entre eles.

**Tabela 5.8** - Teste de diferenças de Mann-Whitney para as sensações térmicas.

	Sensação Térmica		
	U	$p$	Mean Rank
<b>Turno</b>	2404	0,05	
Manhã			70,8
Tarde			88,9
<b>Linha</b>	2238,5	0,01	
5			88,9
9			67,4

### 5.7.1.3 ÍNDICE PPD-PMV

Com o objetivo de verificar qual a relação entre os índices PPD-PMV e as sensações térmicas descritas pelas trabalhadoras revelou-se importante nesta primeira fase verificar se há ou não diferenças entre estes índices ao nível dos turnos e das linhas de produção. Assim sendo estes teste de diferenças testa as mesmas hipóteses que as variáveis anteriores. Sendo a hipótese nula: *As duas amostras têm distribuições idênticas* e a hipótese alternativa: *As duas amostras têm distribuições diferentes*.

A tabela 5.9 permite-nos concluir que devemos aceitar a hipótese nula, concluindo que as distribuições dos índices PPD-PMV são idênticas ( $p > 0,05$ ).

**Tabela 5.9** - Teste de diferenças de Mann-Whitney para os índices PPD-PMV.

	PPD		PMV	
	U	$p$	U	$p$
<b>Turno</b>	1,5	0,68	2	1
<b>Linha</b>	0	0,1	0	0,1

#### 5.7.1.4 NÍVEIS DE PRODUTIVIDADE

Os níveis de produtividade fornecidos pela empresa e são idênticos para os dois turnos, tal como já havia sido dito, no entanto verificou-se que ao nível das linhas de produção poderiam haver diferenças significativas. Assumindo as mesmas hipóteses das variáveis anteriores conclui-se que a hipótese nula deve ser rejeitada uma vez que  $p < 0,05$ . Podemos ainda afirmar que na linha 5 os níveis de produtividade atingidos diariamente são mais elevados do que na linha 9 ( $U=0$ ;  $p=0,02$ ; Mean Rank linha 5= 11; Mean Rank linha 9= 4). Isto deve-se ao facto de haver maior diversidade de produtos fabricados na Linha 9 e consequentemente mais avarias e defeitos, o que causa mais momentos de pausa na produção.

#### 5.7.2 Coeficientes de correlação

Considerando, novamente, os parâmetros físicos do conforto térmico, as sensações térmicas, os níveis de produtividade, os índices PPD-PMV e ainda o *Questionário C* e a idade revelou-se fundamental a aplicação do Coeficiente de Correlação de *Spearman* de forma a verificar a associação ou ausência da mesma entre estas variáveis.

##### 5.7.2.1 PARÂMETROS FÍSICOS E SENSações TÉRMICAS

A temperatura do ar, a humidade relativa, a temperatura do globo e a velocidade do ar juntamente com a taxa metabólica e o isolamento do vestuário constituem os parâmetros necessários para a avaliação do conforto térmico, ou seja, são estes fatores que desencadeiam diferentes sensações térmicas nos indivíduos. Assim sendo, com base nos objetivos deste estudo revelou-se importante verificar a presença ou a ausência de correlações entre os parâmetros físicos do ambiente térmico e as sensações experienciadas pelos participantes. Os resultados das correlações entre  $T_a$ , HR,  $T_g$  e  $V_a$  e as sensações térmicas são apresentados na Tabela 5.10.

**Tabela 5.10** – Coeficientes de Correlação de Spearman entre  $T_a$ , HR,  $T_g$  e  $V_a$  e sensações térmicas.

	$T_a$	HR	$T_g$	$V_a$
Sensações Térmicas	,000	,000	1,00**	,775

Nota: \*\* $p < 0,01$

Analisando a tabela 5.10 verifica-se que existe uma correlação estatisticamente significativa entre as sensações térmicas e a temperatura do globo ( $r_s=1,00$ ;  $p < 0,01$ ), ou seja, aumentando

esta variável o grau com que a sensação térmica foi avaliada também aumenta. Por outro lado, entre as sensações térmicas e a temperatura do ar e a humidade relativa não existe correlação significativa ( $r_s=,000$ ;  $p > 0,05$ ), o mesmo se verifica relativamente à velocidade do ar ( $r_s=,775$ ;  $p > 0,05$ ).

Uma vez que não são encontradas correlações significativas entre as sensações térmicas, a temperatura do ar, a humidade relativa e a velocidade do ar tornou-se pertinente considerar outros fatores importantes no momento de avaliar o conforto térmico, tais como, o processo de adaptação ou até mesmo a idade. No entanto, é de salientar o facto de não ter sido possível realizar as medições dos parâmetros físicos do conforto térmico em dias de pleno Inverno e pleno Verão, de forma a haver maior variabilidade e coerência nos resultados.

As hipóteses colocadas para explicar o fenómeno de adaptação, relativamente ao conforto térmico, preveem que tanto os fatores contextuais como o histórico térmico do indivíduo podem modificar as suas expectativas e preferências térmicas (de Dear, Brager & Cooper, 1997 citado por Hoof & Hensen, 2005). Da mesma forma, muitos estudos têm indicado que as perceções e preferências dos indivíduos relativamente a determinados ambientes térmicos variam significativamente, devido às diferenças nos ajustamentos comportamentais, adaptações fisiológicas ao clima e habituações psicológicas ou expectativas (Nikolopoulou & Steemers, 2003 citado por Lin, 2008). Numa questão colocada no *Questionário A*, todos os participantes deste estudo indicaram desempenhar funções na empresa há mais de vinte anos. Assim sendo, é expectável que haja nestes indivíduos fortes ajustamentos comportamentais, adaptações fisiológicas e habituações psicológicas perante a forma como lidam com o ambiente térmico do seu local de trabalho e as suas preferências térmicas, ou seja, a forma como avaliam a sua sensação térmica. Entre os comportamentos observados salientam-se as alterações na roupa, sendo que muitas trabalhadoras referiam o uso de roupas frescas e apenas de algodão e o consumo de bebidas refrescantes, uma vez que todas as trabalhadoras tinham garrafas de água junto ao seu posto de trabalho. Segundo Nikolopoulou & Steemers (2003) estes comportamentos são adotados pelos trabalhadores com o objetivo de alterar o seu metabolismo quando sentem calor e assim conseguirem baixá-lo, afetando os seus graus de aceitação térmica (Wong, Feriadi, Lim, Tham, Sekhar & Cheong 2002 citado por Lin, 2008). Esta afetação pode mesmo resultar numa melhor aceitação por parte dos indivíduos em relação às temperaturas mais elevadas.

No que se refere à humidade relativa do ar, estudos revelam que em condições térmicas neutras ((HR= 30, 40, 50 e 70% 25.2°C) mesmo alterando os valores deste parâmetro físico do ambiente térmico, as sensações térmicas mantêm-se (Tsutsumi, Tanabe, Harigaya, Iguchi & Nakamura, 2006).

Relativamente à ausência de correlação entre a velocidade do ar e as sensações térmicas esta pode se explicada, segundo Miguel (2010), porque para velocidades do ar inferiores a 0,30 m/s (máximo registado=0,03m/s) não são sentidos quaisquer movimentos. Apenas movimentações do ar superiores a 0,5 m/s são desagradáveis mesmo quando o ar é quente, o desconforto causado por estas movimentações depende da direção do ar e das partes do corpo expostas (Fanger, 1972 citado por Kroemer & Grandjean, 1997).

A temperatura de globo resulta da temperatura ambiente com a contribuição da temperatura radiante, ou seja, constitui uma variável térmica que, neste caso, nos indica a existência de fontes de calor radiante, uma vez que foi encontrada uma forte correlação positiva entre esta e as sensações térmicas experienciadas pelos participantes deste estudo. Em ambientes térmicos moderados, cujo objetivo principal é manter condições térmicas confortáveis para os indivíduos, a temperatura média radiante é um fator muito significativo, especialmente em edifícios com cobertura exposta a uma forte radiação solar (Yaglou & Minard, 1957 citado por Alfano, Dell'Isola, Palella, Riccio & Russi, 2013) Por este facto, as superfícies quentes podem fazer com que as pessoas se possam sentir mais quentes do que a temperatura do ar envolvente (Alfano, Dell'Isola, Palella, Riccio & Russi, 2013). Os mesmos autores verificaram ainda que, relativamente à influência da temperatura média radiante sobre o conforto térmico, usando o índice PMV, pequenas alterações nos valores deste parâmetro resultam em muito fortes variações do índice, ou seja, verifica-se forte influência da temperatura média radiante sobre as sensações térmicas dos indivíduos.

#### **5.7.2.2 PARÂMETROS FÍSICOS E PRODUTIVIDADE**

Um dos objetivos fulcrais deste estudo é relacionar o conforto térmico com a produtividade com o intuito de verificar se um tem influência sobre o outro. Para tal procedeu-se à aplicação, mais uma vez, do Coeficiente de Correlação de Spearman. Assim sendo, na Tabela 5.11 é possível verificar a presença ou ausência de correlações significativas entre a produtividade e a temperatura do ar, a humidade relativa, a temperatura do globo e a velocidade do ar.



**Tabela 5.11** - Coeficientes de Correlação de Spearman entre Ta, HR, Tg e Va e a produtividade.

	Ta	HR	Tg	Va
Produtividade	-,266	,360	,548*	-,192

Nota: \*p <0,05

Através da análise da Tabela 5.11 é possível verificar que, tal como aconteceu na análise das correlações entre as sensações térmicas e os parâmetros físicos do ambiente térmico, apenas a produtividade e a temperatura do globo apresentam uma correlação significativa ( $r_s=0,548$ ;  $p <0,05$ ). Assim sendo, não existe correlação significativa entre a produtividade e a temperatura do ar ( $r_s=-,266$ ;  $p >0,05$ ), nem entre a produtividade e a humidade relativa ( $r_s=-,360$ ;  $p >0,05$ ), acontecendo o mesmo entre a produtividade e a velocidade do ar ( $r_s=-,192$ ;  $p >0,05$ ).

Segundo Seppänen, William & Faulkner (2005) não existe uma relação significativa entre a temperatura e a produtividade quando se trata de valores dentro da zona de conforto, no entanto, quando estes valores estão compreendidos entre os 24,8° C e 26° C, há um decréscimo de 15% na produtividade. Por outro lado, Meese, Kok, Lewis & Wyan (1984) citado por Parsons (1993) descobriu que o desempenho da destreza manual é bom em temperaturas do ar consideradas entre os 20° C e os 32° C. No entanto, no mesmo estudo verificou que esta destreza é melhor entre os 20 e os 26° C. Por sua vez, reduzindo as temperaturas de 24 ° a 18 ° C a destreza manual e a força do dedo diminuiu. O mínimo e o máximo da temperatura do ar registados durante a ocorrência deste estudo situaram-se entre os 21° C e os 23,5 ° C, logo, segundo os autores supracitados, estes valores encontram-se na zona de conforto, podendo por este facto não haver influência sobre a produtividade, daí não existir uma correlação significativa entre as duas variáveis.

A humidade relativa do ar foi o parâmetro que, ao longo das medições efetuadas, se revelou mais instável, sendo que o seu valor mínimo foi de 39% e o máximo de 69%. De acordo com Tsutsumi, Tanabe, Harigaya, Iguchi & Nakamura (2006) o desempenho dos trabalhadores para humidades relativas situadas entre 30 e 70% revela-se equivalente, sendo que, apenas acima dos 70% é que os indivíduos se mostram mais cansados e, por isso, com mais dificuldade em atingir os seus níveis de produtividade.

Tal como já havia sido referido anteriormente as movimentações do ar só são desagradáveis, podendo ter consequências de desconforto sobre os trabalhadores, quando o seu

valor é superior a 0,5 m/s (Fanger, 1972 citado por Kroemer & Grandjean, 1997). Uma vez que, o valor máximo registado foi de 0,03 m/s podemos afirmar que valores tão baixos de velocidade do ar não influenciaram a produtividade pois não foram sequer sentidos pelos participantes.

A correlação encontrada entre a temperatura do globo e a produtividade foi positiva, ou seja, segundo os registos efetuados à medida que a temperatura do globo aumentava, a produtividade também aumentava. Uma vez que, também à medida que a temperatura do globo aumentava e a sensação térmica também aumentava revelou-se pertinente verificar se existia ou não correlação entre a produtividade e as sensações térmicas experimentadas pelos participantes. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.12.

**Tabela 5.12** - Coeficientes de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e a produtividade.

	Produtividade
Sensações Térmicas	,702**

Nota: \*\*p <0,01

Analisando a Tabela 5.12 verifica-se a existência, mais uma vez, de uma correlação significativa positiva ( $r_s = ,702$ ;  $p < 0,01$ ) entre as sensações térmicas e a produtividade. Tanto com o aumento da temperatura do globo como com o aumento do grau de avaliação das sensações térmicas podemos afirmar que a produtividade melhora. As temperaturas do globo registadas ao longo do estudo variam entre os 21 e os 24°C e as médias das sensações térmicas diárias, utilizadas no cálculo da correlação com a produtividade diária, apenas variam entre 0 e 1, segundo os níveis de sensação térmica adotados conforme a ISO 7730/2005. Assim sendo, não significa que as pessoas sintam “calor” quando a produtividade aumenta. Com o intuito de confirmar estes resultados seriam necessários mais dias de medições e de aplicação do *Questionário B*, tanto em dias de Inverno como de Verão, uma vez que, tal não foi possível, como já havia sido supracitado.

### 5.7.2.3 SENSACÕES TÉRMICAS E PERCEÇÃO

Atualmente existe um constante esforço para melhorar as condições de trabalho no sentido de os trabalhadores se sentirem confortáveis e se atingirem os níveis de produtividade esperados. A perceção dos trabalhadores pode, de alguma forma, contribuir para melhorar

essas condições, uma vez que, os comportamentos dos indivíduos podem relacionar-se com a mesma.

Com a finalidade de relacionar o conforto térmico com a percepção dos trabalhadores sobre a influência do mesmo na produtividade, após a aplicação do *Questionário C* procedeu-se à verificação da existência ou ausência de correlações significativas entre as dez questões colocadas aos participantes e as sensações térmicas experienciadas pelos mesmos. Os resultados podem ser observados na Tabela 5.13.

**Tabela 5.13** - Coeficientes de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e as questões colocadas no *Questionário C*, de 1 a 10.

	Questionário C									
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Sensações Térmicas	-,400	-,800	-,316	,000	-,800	-,800	,600	-,949	-,211	-,400

Analisando os Coeficientes de Spearman podemos verificar que não existe nenhuma correlação significativa entre as sensações térmicas e as dez questões colocadas aos trabalhadores ( $r_s = -,400$ ;  $r_s = -,800$ ;  $r_s = -,316$ ;  $r_s = ,000$ ;  $r_s = -,800$ ;  $r_s = -,800$ ;  $r_s = ,600$ ;  $r_s = -,949$ ;  $r_s = -,211$ ;  $r_s = -,400$ ;  $p > 0,05$ )

O *Questionário C* foi aplicado apenas no primeiro dia em que ocorreram medições dos parâmetros físicos do ambiente térmico e das sensações térmicas experimentadas pelos participantes. Neste sentido, não foi possível um acompanhamento diário da percepção dos trabalhadores em função das suas sensações térmicas, ou seja, o *Questionário C* deveria ter sido aplicado todos os dias para que o teste de correlação fosse realizado com base em dados diários de percepções e sensações térmicas e não nas médias obtidas no fim do estudo em cada linha e turno.

À medida que os participantes respondiam às questões verificou-se que davam as suas opiniões relacionadas com o que lhes estava a ser perguntado, mencionando várias vezes que quando sentiam calor, sentiam também mais cansaço e necessitavam de um esforço maior para não baixarem os níveis de produtividade. Esta informação relativa à produtividade pessoal era conseguida uma vez que, alguns postos de trabalho dependem uns dos outros, havendo uma sequência de funções. Assim sendo, se alguém desempenhava a sua função a um ritmo não

comum a tarefa seguinte seria prejudicada, pois a produtividade efetiva é fornecida ao nível da Linha de trabalho e não a nível pessoal. Neste sentido, poderiam também ter sido explorada a percepção que os participantes tinham acerca das suas reações e necessidades desencadeadas para manter o seu nível de produção aquando do desconforto térmico.

Finalmente, ao longo da aplicação do *Questionário C* verificaram-se algumas contrariedades relativamente à escala utilizada, na qual as várias questões eram avaliadas com “Muito” e “Pouco” em 5 graus, sendo o 1 o mais próximo de “Muito” e o 5 o mais próximo de “Pouco”. Os trabalhadores inquiridos sentiam dificuldade em responder, uma vez que, a tendência era dizer “sim” ou “não”. Assim sendo, se a escala fosse mais explícita e com menos graus de avaliação poderia revelar-se mais simples estudar a correlação entre as sensações térmicas e as percepções dos trabalhadores sobre a influência do conforto térmico na produtividade.

#### 5.7.2.4 SENSACÕES TÉRMICAS E ÍNDICE PPD-PMV

Tal como já havia sido referido o método de avaliação do conforto térmico utilizado neste estudo foi o Índice PPD/PMV. Assim revelou-se pertinente verificar se existe alguma correlação significativa entre os valores calculados do Índice e as sensações térmicas obtidas no *Questionário B*. Assim sendo, os valores obtidos por aplicação do teste estatístico Coeficiente de Correlação de Spearman encontram-se na Tabela 5.14.

**Tabela 5.14** - Coeficientes de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e o Índice PPD/PMV

	PMV	PPD
Sensações Térmicas	,800	-,632

Atendendo aos resultados da Tabela 5.14, verificamos que não existem correlações significativas entre as sensações térmicas experienciadas pelos participantes e o Índice PPD/PMV ( $r_s = ,800$ ;  $r_s = -,632$ ;  $p > 0,05$ ).

Vários autores defendem que utilizando o Índice PPD/PMV as sensações térmicas resultantes são mais quentes do que aquelas que as pessoas realmente sentem (Chow, Fong, Givoni, Lin & Chan, 2010). Segundo de Dear, Brager & Cooper (1997) citado por Halawa & Hoof (2012) pessoas de zonas de clima quente preferem temperaturas internas mais altas do que as pessoas que vivem em zonas de climas frios, o que está em contraste com as suposições subjacentes das normas do conforto baseadas no modelo PPD/PMV. Se por um lado Oseland (1995) após estudos realizados indica que existem diferenças entre as sensações térmicas

descritas pelos participantes e as previstas pelo modelo, por outro, de Dear & Brager (1998) e Auliciems (1981) afirmam mesmo que o PMV sobrestima a temperatura de conforto.

Em locais sem ar-condicionado os indivíduos podem sentir o calor como sendo menos grave do que o previsto pelo PMV (Fanger & Toftum, 2002). Segundo estes autores a primeira falha do PMV está relacionada com as expectativas das pessoas, uma vez que, podem já estar habituadas a sentir calor noutros espaços interiores ou exteriores. Por sua vez, afirmam que a taxa metabólica dos indivíduos não é muitas vezes bem estimada, pois quando sentem calor tendem, inconscientemente, a diminuir a sua atividade. Assim sendo, em ambientes quentes deve ser reconhecido um ritmo menor através da inserção de uma taxa metabólica reduzida no cálculo do PMV.

A precisão dos instrumentos de medição dos parâmetros físicos do conforto térmico necessários para o cálculo deste índice é também, por vezes, posta em causa. O intervalo de precisão, referente à medição da temperatura média radiante através do termómetro de globo, varia entre 5º C em situações de conforto e 20º C em situações de stress (ISO 7726: 1998) Sendo esta uma questão delicada, uma vez que, um erro de medição dentro do intervalo de precisão pode resultar numa sobreavaliação do Índice PMV (Alfano, Palella & Riccio, 2011). Segundo os mesmos autores também uma medição precisa e correta da temperatura do ar é determinante para que haja uma correta avaliação das condições de conforto através deste Índice.

#### 5.7.2.5 SENSações Térmicas E IDADE

No *Questionário A* entre muitos outros objetivos pretendia-se saber qual a idade dos participantes para poder verificar qual a sua correlação ou ausência desta com as sensações térmicas vividas pelos mesmos. Desta forma, os resultados da ausência de correlação significativa ( $r_s = ,034$ ;  $p > 0,05$ ) entre as sensações térmicas e a idade dos trabalhadores inquiridos podem ser observados na Tabela 5.15.

**Tabela 5.15** - Coeficiente de Correlação de Spearman entre as sensações térmicas e a idade dos participantes.

	Idade
Sensações Térmicas	,034

Segundo Indraganti & Rao (2009) indivíduos mais velhos são mais tolerantes a diferentes ambientes térmicos e a sensações térmicas mais elevadas. Da mesma forma, Fanger (1972) afirma que em média todos os homens e mulheres com mais de 40 anos preferem uma temperatura mais elevada que indivíduos com menos anos de idade. Neste estudo, apenas dois participantes, ou seja, 7% tinham menos de 40 anos de idade o que não nos permite averiguar tais fenómenos. Assim sendo, para melhor compreender a possível correlação existente entre as sensações térmicas e a idade, seria necessário uma amostra com mais indivíduos com menos de 40 anos, ou seja, uma amostra com maior gama de idades.



### CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS

O presente estudo teve como base avaliar a percepção da influência do conforto térmico na produtividade, assim sendo, neste capítulo pretende-se para além de apresentar as principais conclusões tendo em consideração os objetivos preconizados, identificar as restrições e mais-valias que ocorreram ao longo do trabalho e poder ultrapassá-las ou valoriza-las em trabalhos futuros.

Observando os parâmetros físicos do ambiente térmico, ou seja, temperatura do ar, humidade relativa, temperatura do globo e velocidade do ar podemos concluir que todos se encontram dentro dos valores recomendados por Miguel (2010) no que se refere ao conforto dos trabalhadores. O mesmo acontece no que se refere ao isolamento do vestuário tendo como referência a ISO 7730:2005.

O índice PPD-PMV resultou em sensações térmicas “quentes” e “ligeiramente quentes”, ultrapassando o estipulado na ISO 7730/2005 que nos indica que para uma sensação de conforto térmico os valores limite de PMV estão compreendidos entre -0,5% e 0,5% para um PPD de 10%.

Através do *Questionário B* conseguiu apurar-se que 60% dos participantes experienciaram uma sensação térmica neutra e os mesmos 60% não fariam alterações na sensação que gostariam de sentir relativamente ao ambiente térmico. Deste modo, podemos concluir que mais de metade dos trabalhadores inseridos neste estudo se sentiam confortáveis contra apenas 35% que preferiam um ambiente mais frio e 5% um ambiente mais quente.

A gama de variação da temperatura do ar registada no decorrer deste estudo foi apenas de 2,5°C o que impossibilitou o estabelecimento de uma temperatura “ótima” de laboração para esta amostra.

Quanto à percepção que os participantes têm relativamente à influência do conforto térmico na produtividade, a maioria considerou que nem o frio nem o calor aumentam a produtividade e que não há influência positiva do desconforto térmico na produtividade. Da mesma forma, houve unanimidade ao percecionarem que o desconforto térmico influencia negativamente a produtividade.



Os locais e os turnos de trabalho escolhidos, por indicação da empresa, para a realização do estudo revelaram-se apropriados, uma vez que, existiam diferenças significativas nos parâmetros físicos do conforto térmico, nas sensações térmicas experienciadas e nos níveis de produtividade.

No que diz respeito à ausência de correlação entre a temperatura do ar, humidade relativa, velocidade do ar e as sensações térmicas foi possível concluir que existem fenómenos de adaptação entre os participantes e também que os valores registados destes parâmetros se encontram abaixo daqueles que têm influência imediata na sensação térmica dos trabalhadores. Em oposição a temperatura do globo revelou-se bastante influente nas sensações térmicas dos trabalhadores, ou seja, à medida que esta aumentava o grau com que a sensação térmica era avaliada também aumentava, confirmando a extrema sensibilidade dos indivíduos à temperatura média radiante.

No que concerne à relação da produtividade com os parâmetros físicos do conforto térmico, com exceção da temperatura do globo, verificou-se, mais uma vez, a ausência de correlação entre estas variáveis. Assim sendo, quando a temperatura do ar, a humidade relativa e a velocidade do ar aumentam a produtividade não sofre qualquer alteração devido ao facto destes parâmetros se encontrarem dentro dos limites de conforto térmico. Por outro lado, a temperatura do globo afeta a produtividade de uma forma positiva, ou seja, aumentando esta temperatura a produtividade aumenta. Podemos, desta forma, concluir que o aumento da temperatura do globo, apesar de significar o aumento da sensação térmica não significa que as pessoas sintam desconforto, uma vez que, a produtividade aumenta.

Relativamente à ausência de correlação significativa entre as sensações térmicas experienciadas e a perceção que os participantes têm acerca da influência do conforto térmico na produtividade podemos concluir que existiram falhas na aplicação do *Questionário C*, devendo, por isso, ter havido uma aplicação diária do mesmo e de forma a torná-lo menos repetitivo e mais acessível poderiam ser retiradas as questões 1.1 e 1.8.

Embora neste estudo tenha sido possível verificar diferenças significativas ao nível dos parâmetros físicos do conforto térmico seria pertinente alargar os meses nos quais foram realizadas as medições, ou seja, para meses de Inverno e Verão. Seria ainda interessante, alargar este estudo a indústrias cujo ambiente térmico fosse extremamente frio ou extremamente quente e poder, mais uma vez, relacioná-los com os níveis de produtividade.

De igual forma, numa investigação futura, a amostra para além de ser maior deveria incluir participantes do sexo masculino e com uma maior gama de idades com o objetivo de se poder verificar a existência de correlações entre o género, a idade e a sensação térmica, uma vez que, neste estudo só havia participantes do sexo feminino e ao nível da idade a sua variação era muito baixa.

Por fim, este estudo poderia ser melhorado no âmbito de avaliação da perceção da influência do conforto térmico na produtividade através da introdução de questões relacionadas com o esforço efetuado pelos trabalhadores para manter os níveis de produtividade quando se sentem desconfortáveis.



## **BIBLIOGRAFIA**

Alfano, F.R.A., Dell'Isola, M., Palella, B.I., Riccio, G., & Russi, A. (2013). On the measurement of the mean radiant temperature and its influence on the indoor thermal environment assessment. *Building and Environment*, 63, 79-88.

Alfano, F.R.A., Palella, B.I., & Riccio, G. (2011). The role of measurement accuracy on the thermal environment assessment by means of PMV index. *Building and Environment*, 46 (7), 1361-1369.

APERGO (2007). Ergonomia, Associação Portuguesa de Ergonomia, disponível online em <http://www.apergo.pt/index.php>, 2012.

ASHRAE Standard 55-2004. (2004). Thermal environmental conditions for human occupancy. *Ashrae Standard*. Atlanta.

Auliciems, A. (1981). Towards a Psycho-Physiological Model of Thermal Perception. *International Journal of Biometeorology*, 25 (2), 109-122.

Baker, N., & Standeven, M. (1996). Thermal comfort for free-running buildings. *Energy and Buildings*, 23 (3), 175-182.

Benton, C.C., Bauman, F.S., & Fountain, M.E. (1990). A field measurement system for the study of thermal comfort. *ASHRAE Transactions*, 96 (1), 623-633.

Bluyssen, P.M. (2009) Towards new methods and ways to create healthy and comfortable buildings. *Building and Environment*, 45 (4), 808-818.

Carmo, H., & Ferreira, M.M. (1998). *Metodologia da Investigação - Guia para a Auto - Aprendizagem*. Lisboa: Universidade Aberta.

Cena, K.M., Spotila, J.R. & Avery, H.W. (1986). Thermal comfort of the elderly is affected by clothing, activity and physiological adjustment. *ASHRAE Transactions*, 92 (2), 329-342.

Charles, K.E. (2003). Fanger's Thermal Comfort and Draught Models. *IRC Research Report RR-162*.

Chow, T.T., Fong, K.F., Givoni, B., Lin, Z., & Chan, A.L.S. (2010). Thermal sensation of Hong Kong people with increased air speed, temperature and humidity in air-conditioned environment. *Building and Environment*, 45 (10), 2177-2183.

Costa, E.R. Q., Baptista, J.S., Diogo, M.T., & Magalhães, A. B. (2011). Hot Thermal Environment and its impact in productivity and accidents. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene -SHO 2011*, 211- 215.

Decreto-Lei nº 243/86 de 20 de Agosto que aprova o Regulamento Geral de Higiene e Segurança do Trabalho nos Estabelecimentos Comerciais, de Escritório e Serviços.

Decreto-Lei nº 347/93 de 1 de Outubro visa transpor a Diretiva 89/654/CEE de 30 de Novembro relativa às prescrições mínimas de segurança e de saúde para os locais de trabalho.

de Dear, R.J., & Brager, G.S. (1998). Thermal adaptation in the built environment: a literature review. *Energy and Buildings*, 27 (1), 83-96.

de Dear, R., & Brager, G.S. (2001). The adaptive model of thermal comfort and energy conservation in the built environment. *International Journal of Biometeorology*, 45 (2), 100-108.

de Dear, R.J., & Brager, G.S. (2002). Thermal comfort in naturally ventilated buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55. *Energy and Buildings*, 34 (6), 549-561.

de Dear, R.J., Brager, G.S., & Cooper, D. (1997). Developing an adaptive model of thermal comfort and preference. *Final report ASHRAE RP-884*. Atlanta. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

EASHW- European Agency for Safety and Health at Work. (2005). Facts n. 60. Expert forecast on emerging physical risks related. E. Facts. Bilbao.

Eston, S.M. (2005). Problemas de conforto termocorporal em minas subterrâneas. *Revista de Higiene Ocupacional*, 13, 15-17.

Falk, B. (1998). Effects of thermal stress during rest and exercise in the pediatric population. *Sports Medicine*, 25 (4), 221-240.

Fanger, P.O. (1972). *Thermal Comfort*. 2ª Edição, McGraw-Hill, New-York.

Fanger, P.O. (1973). Assessment of man's thermal comfort in practice. *British Journal of Industrial Medicine*, 30, 313-324.

Fanger, P.O. (1986) Thermal Environment - Human Requirements. *The Environmentalist*, 6 (4), 275-278.

Fanger, P.O., & Toftum, J. (2002) Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates. *Energy and Buildings*, 34 (6), 533-536.

Fox, W. F. (1967). Human performance in the cold. *Human Factors*, 9, 203-220.

Gagge, A.P., Burton, A.C., & Bazett, H.C. (1941). A practical system of units for the description of the heat exchange of man with his environment. *Science*, 94 (2445), 428-430.

Halawa, E., & Hoof, J. (2012). The adaptive approach to thermal comfort: A critical overview. *Energy and Buildings*, 51, 101-110.

Hancher, D.E., & Abd-Elkhalek, H.A. (1998). The effect of hot weather on construction labor productivity and costs. *Cost Engineering*, 40 (4), 32-36.

Hermans, V., & Peteghem, J.V. (2006). The relation between OSH and ergonomics: a 'mother-daughter' or 'sister-sister' relation? *Applied Ergonomics*, 37 (4), 451-459.

Hole, J.A., & Pande, M. (2009). Worker Productivity, Occupational Health, Safety and Environmental Issues in Thermal Power Plant. *Proceedings of the 2009 IEEE IEEM*.

Holmér, I. (2010). Climate change and occupational heat stress: methods for assessment. *Glob Health Action*, 3.

Hoof, J., & Hensen J.L.M. (2005). Quantifying the relevance of adaptive thermal comfort models in moderate thermal climate zones. *Building and Environment*, 42 (1), 156-170.

Humphreys, M.A. (1994). Field studies and climate chamber experiments in thermal comfort research. *Thermal Comfort: Past Present and Future*, 52-72. Garston, UK: Building Research Establishment.

IEA (2000). IEA Projects, International Ergonomics Association disponível online em <http://www.iea.cc>, 2012.

Indraganti, M., & Rao, K.D. (2009). Effect of age, gender, economic group and tenure on thermal comfort: A field study in residential buildings in hot and dry climate with seasonal variations. *Energy and Buildings*, 42 (3), 273-281.

IPMA (2013). Instituto Português do Mar e da Atmosfera disponível online em <http://www.ipma.pt>

ISO 7726: 1998. (2002) *Ergonomics of the thermal environment - instruments for measuring physical quantities*. International Organization for Standard.

ISO 7730:2005. (2005). *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*. Internacional Organization for Standard.

Kamsali, N., Prasad, B.S.N., & Datta, J. (2011). The Electrical Conductivity as an Index of Air Pollution in the Atmosphere. *Advanced Air Pollution*, Chapter 20.

Kima, T.G., Tochiharab, Y., Fujitac, M., & Hashiguchib, N. (2007). Physiological responses and performance of loading work in a severely cold environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37 (9-10), 725-732.

Kroemer, K.H.E., & Grandjean, E. (1997). *Fitting The Task to The Human*. 5ª Edição. London: Taylor & Francis.

Krüger, E. (2002) Experimentos simples na área de conforto e desempenho. *Abenge - Revista de Ensino de Engenharia*, 21, 43-47.

Krüger, E., Dumke, E. & Michaloski, A. (2001). Sensação de Conforto Térmico: respostas dos Moradores da Vila Tecnológica de Curitiba. *ENCAC (VI Encontro Nacional e III Encontro Latino – Americano sobre Conforto no Ambiente Construído)*, Artigo Técnico, São Pedro, 8.

Lan, L., Lian, Z., & Pan, L. (2010). The effects of air temperature on office workers' well-being, workload and productivity -evaluated with subjective ratings. *Applied Ergonomics*, 42 (1), 129-36.

Lan, L., Wargockib, P., & Liana, Z. (2010). Quantitative measurement of productivity loss due to thermal discomfort. *Energy and Buildings*, 43 (5), 1057-1062.

Lin, T.P. (2008). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44 (10), 2017-2026.

Markov, D. (2002). Practical Evaluation of the Thermal Comfort parameters. *Annual International Course: Ventilation and Indoor climate*, Avangard, Sofia, 158-170.

Martins, C. (2011). *Manual de Análise de Dados Quantitativos com recurso ao IBM SPSS: Saber decidir, fazer, interpretar e redigir*. Psiquilibrios.



Maughan, R.J., Shirreffs, S.M., & Watson, P. (2007). Exercise, Heat, Hydration and the Brain. *Journal of the American College of Nutrition*, 26 (5), 604S-612S.

Meese, G.B., Kok, R., Lewis, M.I. & Wyan, D.P. (1984). A laboratory study of the effects of moderate thermal stress on the performance of factory workers. *Ergonomics*, 27 (1), 19-43.

Miguel, A.S. (2010). *Manual de Higiene e Segurança do Trabalho*. 11ª Edição. Porto Editora.

Niemela, R., Hannula, M., Rautio S., Reijula, K. & Railio, J. (2002). The effect of air temperature on labour productivity in call centres - a case study. *Energy and Buildings*, 34 (8) 759–764.

Nikolopoulou, M., & Steemers, K. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, 35, 95-101.

O'Neal, E.K., & Bishop, P. (2010). Effects of work in a hot environment on repeated performances of multiple types of simple mental tasks. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40, 77-81.

Oseland, N. A. (1995). Predicted and reported thermal sensation in climate chambers, offices and homes. *Energy and Buildings*, 23, 105-115.

Oseland, N.A., & Humphreys, M.A. (1994). *Trends in Thermal Comfort Research*. Garston, Watford, UK: Building Research Establishment.

Parasuraman, A. (1991). *Marketing research*. 2ª edição. Addison Wesley Publishing Company.

Parsons, K.C. (1993). *Human Thermal Environments*. London: Taylor & Francis.

Parsons, K.C. (2003). *Human Thermal Environments*. 2ª edição. London: Taylor & Francis.

Pereira, A.C. (2004). ISEP-CIDEM – Artigos Técnicos no âmbito do projeto de investigação em curso. Simulação dinâmica do comportamento termo-higrométrico de superfícies radiantes hidráulicas para aquecimento e arrefecimento ambiental. *Revista Climatização*.

Rodrigues, B. (1978). A Bioclimatologia e a Produtividade Laboral. *Revista do Instituto Nacional Meteorologia Geofísica*, 1 (1), 39-51.

Schellen, L., Loomans, M.G.L.C., Wit, M.H., Olesen, B.W. & Lichtenbelt W.D.M. (2012). The influence of local effects on thermal sensation under non-uniform environmental conditions – Gender differences in thermophysiology, thermal Comfort and productivity during convective and radiant cooling. *Physiology & Behavior*, 107 (2), 252-261.

Seppänen, O., William J.F., & Faulkner, D. (2005). Control of Temperature for Health and Productivity Offices. *ASHRAE*, 3 (Part 2), 680-686.

Thomas, H.R., Riley, D.R., & Sanvido, V.E. (1999). Loss of labor productivity due to delivery methods and weather. *Journal of Construction Engineering and Management*, 125 (1), 39-46.

Tsutsumi, H., Tanabe, S., Harigaya, J., Iguchib, Y., & Nakamura, G. (2006). Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment. *Building and Environment*, 42 (12), 4034-4042.

Wong, N.H., Feriadi H., Lim, P.Y., Tham, K.W., Sekhar, C., & Cheong K.W. (2002). Thermal comfort evaluation of naturally ventilated public housing in Singapore. *Building and Environment*, 37 (12), 1267-1277.

Yaglou, C.P., & Minard, D. (1957). Control of heat casualties at military training centers. *AMA Arch Ind Health*, 16, 302-316.

Yao, Y., Lian, Z., Liu, W. & Shen, Q. (2007). Experimental Study on Skin Temperature and Thermal Comfort of the Human Body in a Recumbent Posture under Uniform Thermal Environments. *Indoor and Built Environment*, 16 (6), 505-518.

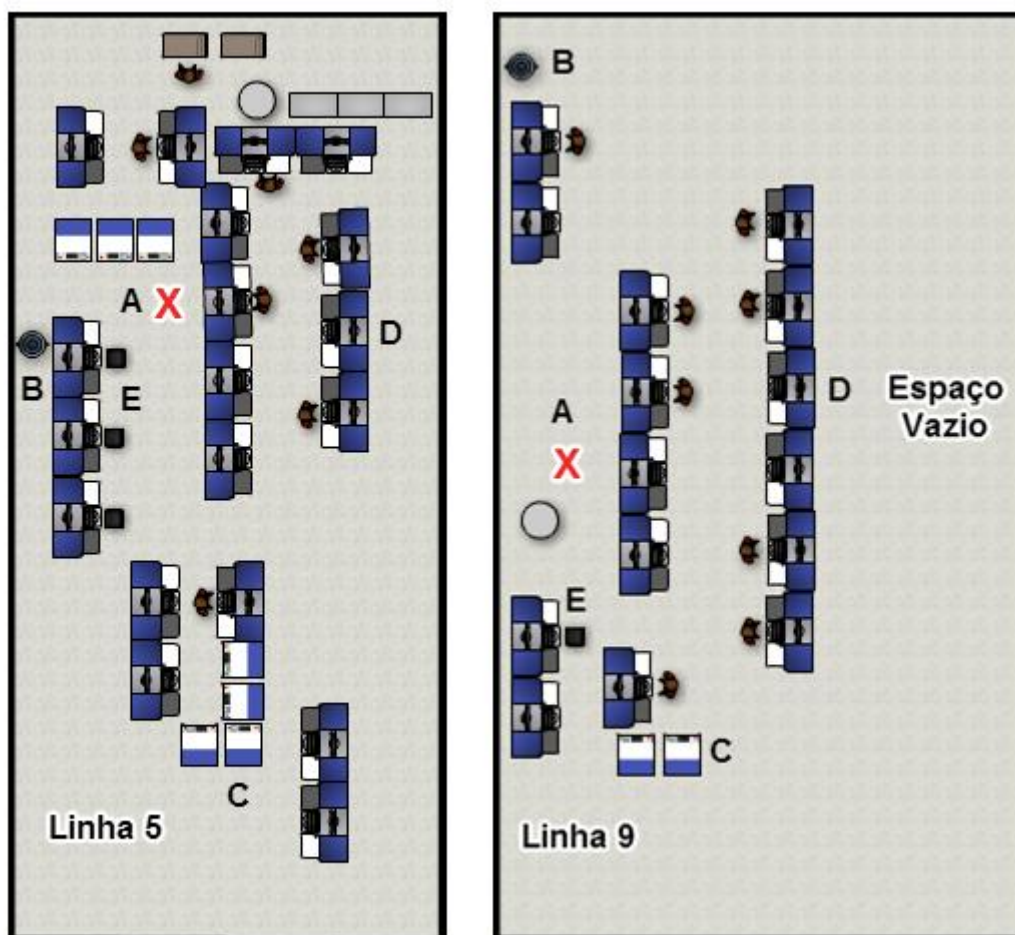
Zhao, J., Zhu, N., & Lu, S. (2009). Productivity model in hot and humid environment based on heat tolerance time. *Building and Environment*, 44, 2202-2207.

Zikmund, W.G. (2006). *Princípios da Pesquisa de Marketing*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

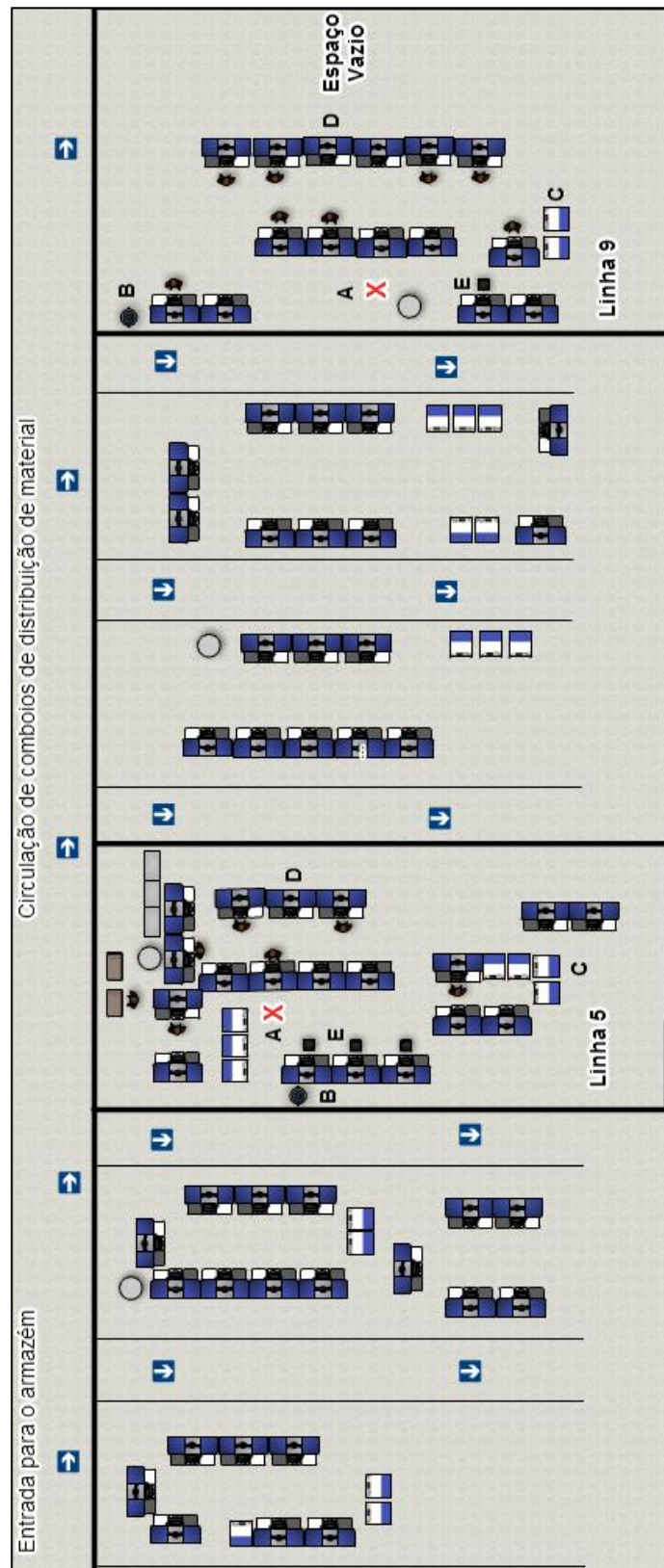
# ANEXOS



### LOCALIZAÇÃO DOS ESPAÇOS E PONTOS DE AMOSTRAGEM



- A – Tripé
- B – Emissor de vapor de água
- C – Máquina detetora de defeitos
- D – Posto de trabalho de pé
- E – Posto de trabalho sentado



## Anexo II

### QUESTIONÁRIO A

1. INFORMAÇÃO PESSOAL	
Nome _____	Formação Académica _____  Profissão _____
Idade _____ anos	
Sexo: Masculino ( )      Feminino ( )	
Peso _____ Kg    Altura _____	

2. CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE TRABALHO	
2.1 - Qual é o seu horário de trabalho?	
	X
Manhã	_____
Tarde	_____
2.2 - Há quanto tempo desempenha funções nesta empresa?	
<ul style="list-style-type: none"><li>• &lt; 1 ano ( )</li><li>• 1 a 5 anos ( )</li><li>• 5 a 10 anos ( )</li><li>• &gt; 10 anos ( )</li></ul>	



### 2.3 - Qual o tipo de Postura e de Trabalho que desenvolve?

<b>Postura e Deslocamento</b>	<b>X</b>		
<u>Andar ao mesmo nível</u>			
<b>Tipo de Trabalho</b>	Ligeiro	Médio	Pesado
Manual			
Com um braço			
Com dois braços			
Com o corpo			

### 2.4 - Das seguintes opções seleccione as peças de vestuário que costuma usar na Primavera, no seu local de trabalho.

<b>Peça</b>	<b>X</b>
<b>Calções</b>	
<b>Calças</b>	

	Saia		
	Vestido		
	T-shirt		
	Camisa/Blusa		
	Camisola leve		
	Camisola grossa		
	Casaco leve		
	Casaco forrado/flanela		
	Quispo/Polar		
	Meias		
	Meia- calça		
	Sandálias/Chinelos		
	Sapatos		
	Botas		



## Anexo III

### QUESTIONÁRIO B

#### 1. INFORMAÇÃO PESSOAL

Nome \_\_\_\_\_

Data \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

#### 2. CONFORTO TÉRMICO

2.1 - Indique na seguinte escala como se sente no momento:

Muito Quente	
Quente	
Ligeiramente Quente	
Nem Frio, nem Quente	
Ligeiramente Frio	
Frio	
Muito Frio	

2.2 - Indique como gostaria de se sentir agora:

Mais Quente	Sem alteração	Mais Frio



### QUESTIONÁRIO C

#### 1. PERCEÇÃO DA PRODUTIVIDADE

Classifique as seguintes afirmações.

1.1 - O desconforto térmico influencia a produtividade.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.2 - O desconforto térmico influencia a produtividade negativamente.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.3 - O desconforto térmico influencia a produtividade positivamente.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.4 - O frio diminui a produtividade.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.5 - O frio aumenta a produtividade.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.6 - O calor diminui a produtividade.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.7 O calor aumenta a produtividade.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.8 - O conforto térmico influencia a produtividade.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.9 - O conforto térmico influencia a produtividade negativamente.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

1.10 - O conforto térmico influencia a produtividade positivamente.

Muito	1	2	3	4	5	Pouco
-------	---	---	---	---	---	-------

## Anexo V

### CÁLCULO DO METABOLISMO

O metabolismo foi calculado tendo como base a equação presente na ISO 7730:2005:

$$\text{Metabolismo} = (\text{Basal} + \text{Postura} + \text{Trabalho} + \text{Movimento}) \times \text{Superfície Corporal}$$

Assim sendo, a Tabela V.1 apresenta-nos os valores de metabolismo basal, postura, movimento e tipo de trabalho necessários para o metabolismo corporal total de cada participante. Por sua vez, na Tabela V.2 estão registados os resultados obtidos no *Questionário A* acerca da informação pessoal e tempos parciais em que cada participante adota determinada postura ou deslocamento e o metabolismo total.

V.1 - Valores utilizados para a determinação do metabolismo.

Metabolismo Basal (W/m²)		Mulher	
Postura		40	
		Sentado	De pé
		10	25
Movimento		Andar ao mesmo nível sem carga a 2km/h	
		60	
Tipo de Trabalho		Com os dois braços, ligeiro	
		65	

V.2 - Características individuais dos participantes, postura e movimento adotados e metabolismo total.

					Tempo parcial para 8 horas de trabalho (%)			
Participante	Idade	Peso (Kg)	Altura (cm)	Superfície Corporal (m²)	Sentada	De pé	Andar	Metabolismo (W)
M51	49	56	153	1,54		50	50	227,2
M52	46	58	152	1,56		58	42	225,7
M53	45	55	158	1,55	50	42	8	194,2
M54	41	69	163	1,77		58	42	256,1
M55	49	76	163	1,86			100*	344,1



M56	54	70	162	1,77		92	8	235,1
M57	43	68	160	1,74		58	42	251,8
M58	44	62	164	1,68		58	42	243,1
M91	46	67	165	1,75		75	25	242,8
M92	52	77	170	1,86		75	25	290,6
M93	47	85	165	1,97		67	33	278,9
M94	58	68	157	1,72		67	33	243,5
M95	45	64	170	1,74		67	33	246,3
M96	43	68	156	1,72	50	38	12	218,2
T51	45	62	158	1,65	50	29	21	214,3
T52	50	72	160	1,79	50	25	25	234,9
T53	44	63	155	1,65	50	25	25	214,3
T54	37	65	156	1,68	50	25	25	218,2
T55	49	75	165	1,85		58	42	267,7
T56	40	60	160	1,63		58	42	235,9
T57	44	58	160	1,61		50	50	237,5
T58	39	64	159	1,68		58	42	243,1
T91	56	62,5	156	1,65		75	25	228,9
T92	44	58	162	1,62		25	75	253,1
T93	40	52	147	1,46		75	25	202,6
T94	45	55	150	1,51		67	33	213,7
T95	40	53	160	1,53		67	33	216,6
T96	53	83	163	1,94		67	33	274,6

\*Nota: Participante que trabalhava exclusivamente a andar ao mesmo nível a 2 Km/h e trabalho médio com os dois braços

## Anexo VI

### ISOLAMENTO DO VESTUÁRIO

Artigo de Vestuário	<i>clo</i>
<b>Roupa interior</b>	
Cuecas	0,03
Boxers	0,10
Camisola cavilhada	0,04
T-shirt	0,09
Camisola interior de manga comprida	0,12
Cuecas e sutiã	0,03
<b>Camisas/blusas</b>	
Manga curta	0,15
Leve, manga comprida	0,20
Normal, manga comprida	0,25
Camisa de flanela, manga comprida	0,30
Blusa leve, manga comprida	0,15
<b>Calças</b>	
Calção	0,06
Leves	0,20
Normais	0,25
Flanela	0,28
<b>Vestidos/saias</b>	
Saias de Verão (leves)	0,15
Saias de Inverno (pesadas)	0,25
Vestido leve de manga curta	0,20
Vestido de Inverno de manga comprida	0,40
<b>Camisolas</b>	
Colete	0,12
Malha fina	0,20
Normal	0,28
Malha grossa	0,35
<b>Casaco</b>	
Verão	0,25
Casaco meia estação	0,35
Normal	0,30
<b>Fibra-Pele</b>	
Sobretudo	0,90
Calças compridas	0,35
Casaco	0,40
Colete	0,20
<b>Roupa de ambientes exteriores</b>	
Casaco	0,60
Casaco comprido	0,55

Parca	0,70
Macacão Fibr-pele	0,55
<b>Diversos</b>	
Meias	0,02
Meias pelo tornozelo grossas	0,05
Meias cano alto grossas	0,10
Meias calça de fibra	0,03
Sapato sola fina	0,02
Sapato sola grossa	0,04
Botas	0,10
Luvas	0,05
Bata	0,30

## REGISTOS DOS PARÂMETROS FÍSICOS DO AMBIENTE TÉRMICO

VII.1 - Parâmetros físicos do ambiente térmico da Linha 5.

Data	Ta (°C)			HR (%)			Tg (°C)			Va (m/s)		
	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max
<b>Manhã</b>												
22.05.2013	21,7	21	22	62	58,5	65,5	22,5	22	23	0,03	0,03	0,03
24.05.2013	21,8	21,5	22	55,8	54	57,5	22,5	22	23	0,03	0,03	0,03
28.05.2013	21	21	21	62,7	60,5	64	22,5	22	23	0,02	0,02	0,02
5.06.2013	22,8	22,5	23	57,2	55,5	59	23	23	23	0,01	0,01	0,01
6.06.2013	22,5	22,5	22,5	55,8	53,5	57,5	23	23	23	0,03	0,03	0,03
7.06.2013	21,9	21,5	22	59,6	56,5	62	23	23	23	0,01	0,01	0,01
<b>Tarde</b>												
17.05.2013	21,9	21	22,5	59,2	55,5	66	23	23	23	0,03	0,03	0,03
24.05.2013	23,2	23	23,5	44,5	39	53	24	24	24	0,03	0,03	0,03
28.05.2013	22	22	22	59,1	58	60,5	22,5	22	23	0,02	0,02	0,02
5.06.2013	22,8	22,5	23	56,7	54,5	58,5	23	23	23	0,01	0,01	0,01
6.06.2013	22,5	22,5	22,5	54,8	53,5	56	22,5	22	23	<0,01	<0,01	<0,01
7.06.2013	22,3	22	22,5	60,5	58	62,5	23	23	23	<0,01	<0,01	<0,01

VII.2 - Parâmetros físicos do ambiente térmico da Linha 9.

Data	Ta (°C)			HR (%)			Tg (°C)			Va (m/s)		
	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max	Média	Min	Max
<b>Manhã</b>												
22.05.2013	22	22	22	55	53,5	57,5	21,5	21	22	0,03	0,03	0,03
24.05.2013	22,4	22	22,5	52,5	50	60,5	22	21	23	0,02	0,02	0,02
28.05.2013	21,6	21,5	22	60,3	59	61,5	22	21	23	0,02	0,01	0,02
5.06.2013	22,8	22,5	23	58,3	57	58,5	22,5	22	23	0,03	0,03	0,03
6.06.2013	22,5	22,5	22,5	56,3	53,5	58,5	22	22	22	0,03	0,03	0,03
7.06.2013	22,4	22	22,5	60,2	57	62,5	22	22	22	0,03	0,03	0,03
<b>Tarde</b>												
17.05.2013	22,7	22,5	23	54,8	54	56,5	22,5	22	23	0,03	0,03	0,03
24.05.2013	22,8	22	23,5	46,1	45,5	47	22,5	22	23	0,02	0,02	0,02
28.05.2013	22,5	22,5	22,5	55,8	55	57	22,8	22,5	23	0,01	0,01	0,01
5.06.2013	22,7	22,5	23	57,9	57	59	22	22	22	0,03	0,03	0,03
6.06.2013	22,5	22	22,5	55,9	55	57,5	22,3	22	22,5	0,03	0,03	0,03
7.06.2013	22,2	22	22,5	60,3	58	62	22	22	22	0,02	0,02	0,02



## Anexo VIII

### REGISTOS DOS DADOS CLIMATOLÓGICOS EXTERIORES

Data	Temperatura do ar (°C)			Humidade relativa do ar (%)		
	Máxima	Média	Mínima	Máxima	Média	Mínima
17.05.2013	13,5	10,7	7,2	97	81	56
22.05.2013	27	18,9	9,6	98	68	22
24.05.2013	26,5	18,3	9,7	100	69	21
28.05.2013	15,5	12,1	9,2	*	*	*
5.06.2013	23,1	16,4	10,1	88	80	46
6.06.2013	18,8	15,3	13,3	90	74	46
7.06.2013	19	15.1	11,5	100	80	42

\*Nota: Registo de variáveis não disponível